

50X1-HUM

**Page Denied**

Queen Ribbon & Carbon Co. 4-65

**SRI**

50X1-HUM

<b>DA INTELLIGENCE REPORT</b> <i>(Use this form only in accordance with instructions in SR 300-201-5)</i>	<b>CLASSIFICATION</b> <b>CONFIDENTIAL</b>	<b>COUNTRY REPORTED ON</b> SOV ZONE/ GERMANY	<b>DATE OF REPORT</b> 17 Jun 58
<b>SUBJECT</b> Impulse Code Modulation Development for Transmission Process, WF,			
<b>SUMMARY</b> BERLIN-Oberschoeneweide/GDR (C)			
<p>Report pertains to a report on impulse code modulation development for transmission process, WF, BERLIN-Oberschoeneweide/GDR.</p> <p>Film shows a report on the development of an impulse code modulation as a new type of transmission process.</p>			
<small>with permission of the issuing office. All requests for authority to reproduce will be directed to the Assistant Chief of Staff, G-2, Department of the Army.</small>		<b>CONFIDENTIAL</b>	<small>NOTE: This document contains information affecting the national defense of the United States within the meaning of the Espionage Act, 50 U.S.C. 31 and 32, as amended. Its transmission or the revelation of its contents in any manner to an unauthorized person is prohibited by law.</small>

**DA FORM 1048**  
1 OCT 57

REPLACES OCS FORM 17A, 1 APR 53, WHICH MAY BE USED.  
CAUTION - REMOVE PROTECTOR SHEET BEFORE TYPING.

50X1-HUM

50X1-HUM

**Page Denied**

**ORIGINAL**



**VEB Werk für Fernmeldewesen**  
Berlin-Oberschöneweide



## Ausführlicher Abschlußbericht

**Plan-Nr:**

02A227b/P 4 - 55

**Thema der Arbeit:**

Entwicklung einer Impulskodemodulation  
als ein neuartiges Übertragungsverfahren

Planbeauftragter: VEB Werk für Fernmeldewesen

Durchführende Stelle: VEB Werk für Fernmeldewesen

Verantwortlicher wissenschaftlich-technischer Bearbeiter:

Dipl. Ing. Kurt Steffenhagen

10/44 820113 1 1251 021031 2193

**ORIGINAL**

1. Plan-Nr. 024227b/F 4 - 55

Forschungs-/Entwicklungsstelle: VEB Werk für Fernmeldewesen  
Berlin-Oberschöneweide  
Ostendstr. 1-5

Verantwortlicher wissenschaftlich-technischer Mitarbeiter: Dipl.-Ing. Kurt Steffenhagen

2. Thema: Entwicklung einer Impulskodemodulation als ein neuartiges Übertragungsverfahren

3. Ziel der Arbeit

Es soll auf Grund wissenschaftlicher Arbeiten aus der Impulskodemodulation eine Versuchsanordnung für ein neuartiges Übertragungsverfahren entwickelt und die daraus gewonnenen Erkenntnisse in einem wissenschaftlichen Bericht festgehalten werden.

Leistung nach Plan

Die geforderte Leistung 1...4 laut Leistungsmonenklatur ist erfüllt.

4. Darstellung der Methodik und Durchführung der Arbeiten

Eine Versuchsanordnung für ein neuartiges Übertragungsverfahren mit Impulskodemodulation wurde entwickelt und gemäß Punkt 3 (Ziel der Arbeit) in einem wissenschaftlichen Bericht P4 - 55/A 15563 in seiner Ausführung und Arbeitsweise sowie die daraus gewonnenen Erkenntnisse schriftlich festgehalten.

5. Erreichte Teil- und Endergebnisse

Siehe anliegenden Bericht W1.A 15563 Bl. 0...32 (Plan-Nr. 024227b/P4\* - 55). Die Anwendung der Ergebnisse dieser abgeschlossenen Planaufgabe erfolgt im Jahre 1955 mit dem Thema zur Planaufgabe K5 - 254.

6. Volkswirtschaftlicher Nutzen

Das Übertragungsverfahren der Impulskodemodulation ist für Mehrkanalübertragungen auf Leitungsverbindungen mit übernormal

 VEB Werk für Fernmeldewesen 1031 55 3 2 55 Abteilung 10a	Impulskodemodulation	Blatt Nr. 2 Blatt Nr. 1
	Ab F4-55	

**ORIGINAL**

zulässigen Geräuschpegeln geeignet. Da man das zu Übertragende Frequenzband bei der Impulskodemodulation bei garantiertem Störabstand auf die Hälfte, wenn nicht gar auf ein Viertel, gegenüber der klassischen Amplitudenmodulation komprimieren kann, können für den Übertragungsweg neben Richt-Verbindungen auch Kabel-Verbindungen gewählt werden.

7. ... 11. Prüfbericht und Produktion

Entfällt, da nur bis F4 geplant.

Planbeauftragter

*Mill*

.....  
Verkleiter

Durchführende Stelle

*[Signature]*

.....  
Entwicklungsleiter

*Wirt Hoffmeyer*  
.....  
Verantwortlicher wissenschaftlich-technischer Bearbeiter

 <small>VERBUNDENE TECHNISCHE FORSCHUNG</small>	Bezeichnung <i>Impulskodemodulation</i>	besteht aus Blatt Nr. <i>2</i>
	Nr. <i>AD F4-55</i>	



VEB Werk für Fernmeldewesen  
Berlin-Oberschöneweide



## Wissenschaftlicher Bericht

für

Entwicklungsvorhaben

Impulskodemodulation

ORIGINAL

Gliederung

1. Allgemeiner Teil und geräuschmindernde Übertragungsverfahren Blatt 1
2. Geräte und technische Daten der Sende- und Empfangseinrichtung Blatt 4
3. Ablauf der Entwicklung Blatt 6
4. Beschreibung der Sende- und Empfangsseite
  - 4.1 Sendeeinrichtung Blatt 8
  - 4.2 Empfangseinrichtung Blatt 14
5. Abschließende Bemerkungen Blatt 15
6. Entwicklung der Netzgeräte Blatt 17
7. Die Synchronisierungsanlage Blatt 18
  
- Verzeichnis der Literaturstellen Blatt 25
- Verzeichnis der Berichte Blatt 29
- Verzeichnis der Anlagen Blatt 31

<b>RFM</b> VGA Werk für Fernmeldewesen	Bearbeitung	Entwicklungsarbeiten Impulsmodulation	Erstellt aus 491 mit Blatt Nr. 0
	7 25.7.55 Ausgabe Tag	Nr. F4-55	A 15563

**FOUR ORIGINAL**

1. Allgemeiner Teil und geräuschniedernde Übertragungsverfahren

Der Werk für Fernmeldewesen wurde die Aufgabe gestellt, einen Modulationsatz und Demodulationsatz für das Verfahren der Impulskodemodulation zu entwickeln. Bei dem Auftraggeber mag dabei der Gedanke ausschlaggebend gewesen sein, die moderne Impulstechnik zu pflegen und Übertragungsverfahren dieser Technik zur Anwendung gelangen zu lassen und zu erproben. Es hat sich gezeigt, daß die bisherige Technik der kontinuierlichen Übertragung von Nutzsignalen abgelöst wird und der Diskontinuität auf dem Übertragungsweg der Vorrang erteilt wird. Der Bericht hat den Zweck, kurz den Stand der Entwicklung aufzuzeigen und das Wesentliche über die Fertigstellung des Modulationsatzes und des Demodulationsatzes der Übertragungsanlage mitzuteilen.

Das Verfahren der Impulskodemodulation wurde erst Anfang der vierziger Jahre, an sich sogar nach dem zweiten Weltkrieg, in den Vereinigten Staaten entwickelt, obwohl eine Veröffentlichung von Hartley über die "Informationstheorie" im Bell-System TECHNICAL JOURNAL bereits 1928 erschien und den Weg schon 20 Jahre früher aufzeigte. Hindernd für die Entwicklung mag der Geräteaufwand gewesen sein, der nach dem damaligen Stand der Technik nicht so einfach zu beherrschen war.

Die Impulskodemodulation ist ein Verfahren zur Übertragung von Nutzsignalen aller Art wie Sprache, Musik, Fernsehen auf weite Strecken und geräuscherfüllten Kanälen. Es hat sich die Impulskodemodulation in vorteilhafter Weise als geräuschniederndes Übertragungsverfahren erwiesen. Sie ist in der Lage, die auf dem Übertragungsweg eingedrungenen Geräusche wieder aus der Sendung herauszuschälen. In den letzten Jahren hat es sich immer mehr gezeigt, daß bei den wachsenden Entfernungen die Geräuschprobleme in den Vordergrund treten, und ihre Bekämpfung notwendig ist. Die Amplitudenmodulation kann für die Bekämpfung der Störungen keinen Beitrag liefern und auch dieser Forderung nicht gerecht werden. Sie zeichnet sich zwar durch ein schmales Frequenzband auf dem Übertragungsweg aus, erfordert einen verhältnismäßig geringen Geräteaufwand, verlangt aber dafür als Äquivalent einen

	Bezeichnung	Entwicklungsvorhaben Impulskodemodulation	Bericht Nr.	1
	Nr.	F4-55 F	Blatt Nr.	1
1 25.1.55 Ausgabedatum				A 15563

**OUR ORIGINAL**

hohen Störabstand auf dem Übertragungsweg. Ist dieser Störabstand nicht garantiert, dann ist eine Übertragung von Nutzsensignalen nicht mehr möglich. Ferner ist bekannt, daß der Störeinfluß mit der Länge des Übertragungsweges zunimmt. Er verschlechtert also durch diesen Zuwachs die Qualität der Wiedergabe, eine Eigenschaft, die bei Weitverkehrsverbindungen beachtet werden muß. Nur dann, wenn es möglich werden sollte, unterwoge in den Verstärkerärtern den Nachrichteninhalt zu regenerieren, könnte das Geräuschproblem beherrschet werden. Bei Kabelwegen mit garantierten Störabstand bereitet das Störgeräusch der Amplitudenmodulation insofern noch Schwierigkeiten, als der Störabstand Gegenstand der Dimensionierung der gesamten Anlage ist.

Bei drahtlosen Strecken gestalten sich die Geräusche, insbesondere das Anwachsen derselben mit wachsender Entfernung, besondere Schwierigkeiten. Es war überraschend, als Ende der dreißiger Jahre erkannt wurde (Armstrong), daß die Frequenzmodulation als geräuschmindernd angesehen werden kann. Seit dieser Zeit wurden Modulationsverfahren entwickelt, die in genereller Weise das Störproblem zu meistern in der Lage sind. Als wirksamste Methode erwies sich hier, und dieses wurde in Laufe der Entwicklung auch bewiesen, das Verfahren der Impulskodemodulation. Bei dem schon klassisch gewordenen Verfahren der Amplitudenmodulation wird der Nachrichteninhalt durch die Amplitude dargestellt. Gelingt es nun, den Nachrichteninhalt von der Amplitude abzulösen und diese durch die Dimension "Zeit" zu ersetzen, dann ist die Aussicht auf Erfolg vorhanden, und die beabsichtigte Störminderung wird erreicht.

Die oben beschriebene Ablösung kann durch eine bestimmte Umnetzung oder auch Transformation genannt, durchgeführt werden. Die primär herangeführten Nutzsensignale  $F(t)$  werden bei der erwähnten Transformation in eine sekundäre Funktion  $G(t)$  verwandelt, die die Amplitude in Abhängigkeit von der Zeit besitzt. Allerdings wird die geplante Geräuschminderung mit Frequenzband erkauft. Es entsteht durch diese Umsetzung aus dem Originalband B der Funktion  $F(t)$  das sekundäre Band mit einer wesentlichen Verbreiterung gegenüber B. Die Verbreiterung kann durch den Verbreiterungsfaktor  $r$  gekennzeichnet werden. Es können zur Geräuschminderung auch noch andere Methoden verwendet werden, wie z.B.

	Entwicklungsarbeiten Impulskodemodulation	Blatt Nr. 2
	F4-55	A 15563

**OUR ORIGINAL**

das Verfahren der Winkelmodulation oder auch Phasenmodulation genannt, dann die Impulszeitmodulation und auch die Frequenzmodulation. In bezug auf den Frequenzbedarf besitzt aber die Impulskodemodulation bei sonst gleichen Geräuschabständen im Vergleich zu den anderen Verfahren das kleinste Frequenzband.

(Abb.1 Anl.A 15558 Bl.1). Aus der Abbildung ist zu ersehen, daß mit wachsender Kanalkapazität der Vorteil der Impulskodemodulation immer sichtbarer zutage tritt. Gerätetechnisch muß dieser Vorteil aber mit einem gewissen Aufwand erkauft werden. Es gehört zu der Übertragungsanlage nach dem Verfahren der Impulskodemodulation außer dem erwähnten Modulationssatz der Sendeseite und dem Demodulationssatz der Empfangsseite noch eine Synchronisierungsanlage, die die Sendestelle und Empfangsseite im Gleichlauf hält. Es wird durch die Synchronisierungsanlage der Empfangsseite angezeigt, zu welcher Zeit ein Signal eintreffen kann, so daß sich die Empfangsstelle auf den zu erwartenden Impuls einstellen kann. Der ankommende Impuls findet dann den Demodulationssatz vorbereitet. Mit dieser Eigenschaft verbindet sich schon eine wesentliche Geräuschminderung, die durch zeitliche Selektion der Empfangsseite bewirkt wird. Die zeitliche Selektion ist eine der wesentlichen Komponenten der Geräuschminderung überhaupt. Die Impulskodemodulation kann für die Geräuschminderung drei Komponenten insgesamt aufweisen:

- 1) die bereits erwähnte zeitliche Selektion der ankommenden Signale
- 2) Regenerierung der ankommenden Impulse in einem Amplitudenfilter (Hobler genannt)
- 3) Verminderung der Störgeräusche durch Frequenzbandbescheidung bei Anwendung eines geeigneten Tiefpasses.

Neben der Geräuschminderung besitzt die Impulskodemodulation noch den Vorteil der Mehrfachausnutzung des Übertragungsweges. Diese Mehrfachausnutzung wird durch zeitliche Staffelung der Nutzsingnale erreicht. In jedem Augenblick ist auf dem Übertragungsweg nur ein Nachrichtenelement vorhanden, so daß die Gefahr des Übersprechens bei diesen Verfahren weit geringer ist als bei den bisherigen Verfahren der Trägerfrequenztechnik.

Im allgemeinen werden 12 Kanäle zu einem System zusammengefaßt. Die Möglichkeit besteht aber, diese wiederum zu Gruppen höherer Ordnung zusammenzufassen. So lassen sich z.B. ohne Schwierigkeiten acht Gruppen mit je 12 Kanälen zu einer Anlage mit 96

 <small>VEB Werk für Fernmeldetechnik</small> <small>1 25755</small> <small>Ausgabe Top Name</small>	<small>BRANDT</small> <i>Entwicklungsvorhaben</i> <i>Impulskodemodulation</i>	<small>Blatt No. 3</small>
	<small>№</small> F4-55	<small>A 15563</small>

**COPY ORIGINAL**

Kanälen insgesamt zusammenfassen.

2. Geräte und technische Daten der Sende- und Empfangseinrichtungen

Im Laufe der Entwicklung wurde nun ein Modulationsatz der Sendeseite sowie ein Demodulationsatz der Empfangsseite einschließlich der Synchronisierungsanlage erstellt. Zunächst sind sechs Teilnehmer angeschlossen, die aber bei Bedarf ohne Schwierigkeiten auf zwölf erhöht werden können. Die entsprechenden Vorbereitungen sind bereits getroffen. Auf die Synchronisierungsanlage wird am Schluß des Berichtes noch näher eingegangen. Um die beschriebene Umsetzung der Originale vorzunehmen, sind folgende Geräte auf der Sende- und Empfangsseite notwendig:

(s. Lichtbilder) Abb.2 548913 Sendeseite, Kanalverstärker und Probenentnehmer

Abb.3 549328 Kodungsgestell

Abb.4a/b 549239 Spezialelektroden sowie Koderöhre

Abb.5 548914 Empfangsseite, Entkoder

Abb.6 548912 Dehnor und Kanalverteiler

Abb.7 A 15003 Bl.13 Blockschaltbild der Sendeseite

Abb.8 A 15003 Bl.14 Blockschaltbild der Empfangsseite

Die Sendeseite beim 12-Kanal-System besteht, wenn der Reihenfolge nachgegangen wird, aus folgenden Einzelgeräten:

- 1) Kanalverstärker bei Bedarf, Frequenzbereich 300 bis 3400 Hz  
12 Stück
- 2) Tiefpaß bis 1000 Hz 12 Stück
- 3) Vorentzerrer bei Bedarf 12 Stück
- 4) Amplitudenbegrenzer 12 Stück
- 5) Probenentnehmer 12 Stück
- 6) Logarithm. Presser 1 Stück
- 7) Kodungsgestell mit 2 Kodungsröhren und 2 Verteilern für die geraden und ungeraden Kanäle 1 Stück
- 8) Ausgangsverstärker 1 Stück
- 9) Hobler und Laufzeitglieder je nach Bedarf 1 oder 2 Stück
- 10) Dazu kommt eine Überwachungseinrichtung, um die abgehenden Impulse laufend zu beobachten.

 <small>FEDERAL OFFICE FOR TECHNICAL DEVELOPMENT</small>	Entwicklungsplan <b>Entwicklungsvorhaben</b> <b>Impulsmodulation</b>		Bericht aus Blatt Blatt No. 6
	Nr. <b>F 4-55</b>	Datum <b>28.1.55</b>	A <b>15563</b>
Ausgabe <b>1</b>	Ing. <b>H.</b>	Name <b>H.</b>	

**CUR ORIGINAL**

Empfangsseite

- 1) Hobler für gerade Kanäle 1 Stück
- 2) Hobler für ungerade Kanäle 1 Stück
- 3) Entkodungsgestell mit 2 Entkodern,  
2 Kathodenverstärkern, 2 Abtast-  
einrichtungen und 2 Sammlern für  
die geraden und ungeraden Kanäle
- 4) Kanalverteiler 12 Stück
- 5) Kanalverstärker im Bereich von 300  
bis 3400 Hz 12 Stück
- 6) Tiefpässe bis 3400 Hz 12 Stück

Für die Austastung der Sendeseite sind folgende Steuer- und Synchronisierungsimpulse notwendig:

	<u>Impulsfrequenz</u>	<u>Impulsbreite</u>
1) Für den Probenentnehmer die Impulse $J_1$ bis $J_{12}$	8 kHz	$10 \frac{5}{12} \mu s$
2) Für den Verteiler gerade/ungerade die Impulse $J_{un}$ und $J_{ge}$	48 kHz	5 $\mu s$
3) Für die Koderöhre der Sägezahn $S_{un}$ und $S_{ge}$	48 kHz	$10 \frac{5}{12} \mu s$
4) Der Kanalzeilenimpuls PKJ	4 kHz	1 $\mu s$
5) Austastimpulse für den Hobler am Ausgang der Sendeseite	672 kHz	0,4 $\mu s$

Für die Austastung der Empfangsseite kommen folgende Steuer- und Synchronisierungsimpulse in Frage:

	<u>Impulsfrequenz</u>	<u>Impulsbreite</u>
1) Für den Hobler am Eingang die Impulse $JA_1$ und $JA_2$ sowie die Impulse $GJ_1$ , $GJ_2$	48 kHz 672 kHz	$10 \frac{5}{12} \mu s$ 0,4 $\mu s$
2) Für den Abtastvorgang an Kathodenverstärker die Impulse $JB_1$ , $JB_2$	48 kHz	2 $\mu s$
3) Für die Sammler gerade und ungerade die Impulse $JC_1$ sowie $JC_2$	48 kHz	$10 \frac{5}{12} \mu s$
4) Für die Kanalverteiler die Impulse $JD_1$ bis $JD_{12}$	8 kHz	5 $\mu s$

Als Ergänzung zu den technischen Daten noch folgende Angaben:

- 1) Frequenzbandbereich der kommerziellen Sprache 300 bis 3400 Hz

	Entwicklungsvorhaben Impulskodemodulation	Blatt Nr. 5
	7 25.1.55 F4-55	A 15563

**COPY ORIGINAL**

- 2) Abtastfrequenz  $f_t = 2 f_m = 2 \cdot 3400 \text{ Hz} \approx 8000 \text{ Hz}$
- 3) Kanalzeile  $T_c = \frac{1}{2 \cdot f_m}$  oder  $\frac{1}{2B} = 125 \mu\text{s}$
- 4) Anzahl der Kanäle  $n = 12$  Kanäle
- 5) Abtastprobe  $T_p = \frac{T_c}{12} = \frac{125}{12} \mu\text{s} = 10 \frac{5}{12} \mu\text{s}$
- 6) Kodeschritte  $r = 7$
- 7) Maximale Anzahl der Impulse je Kanalzeile  $n_1 = 7 \cdot 12 = 84$
- 8) Breite eines Impulsschrittes auf dem Übertragungsweg  $T_s = 1,5 \mu\text{s}$
- 9) Impulsfrequenz je Kanal  $f_p$   
(Anzahl der Impulse je Sekunde)  
 $f_p = 2 B \cdot r = 56000 \text{ Impulse/sec}$
- 10) Anzahl der Impulse in der Sekunde bei 12 Kanälen  $f_{pz} = 672000 \text{ Impulse/sec}$
- 11) Noch zulässiger Geräuschabstand, d.h. Quotient aus Signalleistung zu Störleistung  $\frac{S}{N} = 3$
- 12) Nachrichtenfluß  $42000 \text{ bit/sec}$

**3. Ablauf der Entwicklung**

Vor Beginn der Entwicklungsarbeiten wurde zunächst die in- und ausländische Literatur studiert und bei Bedarf Übersetzungen bzw. Auszüge angefertigt. Im Anhang kann das Verzeichnis der übersetzten Berichte eingesehen werden. An Hand dieser Ergebnisse und der mit dem Inhalt der Übersetzungen gesammelten Erfahrungen wurden dann Blockschaltbilder und Abtastschemen entworfen. Danach wurde mit der eigentlichen Entwicklungsarbeit begonnen. Für jedes im einzelnen zu entwickelnde Gerät wurde nach Abschluß der Entwicklungsarbeiten ein besonderer Bericht angefertigt. Grundsätzlich wurden die Unterlagen so ausgeführt, daß jederzeit ein Nachbau der Geräte möglich ist. Im Laufe der Entwicklungsarbeiten stellte es sich heraus, daß es notwendig war, mit Hilfe der Transformation von Laplace Einschwingvorgänge zu untersuchen

 <small>VERBODEN TOEGANG VOOR ALLEDIEGEMEN</small>	Entwicklungsplan <i>Entwicklungsvorhaben</i> <i>Impulskodemedulation</i>		Blatt 6 von 6
	Datum 21.1.55	Nr. F4-55	I-1

**OUR ORIGINAL**

und mit diesen Verfahren Erfahrungen bei der Berechnung von Impulstransformatoren zu sammeln. Unter Ausnützung der von Heaviside angegebenen Formeln wurden Impulsverstärker entwickelt und die Daten der Schaltelemente mit Hilfe des angegebenen Prüfzeuges festgelegt. Um bei der Prüfung der Plankensteilheit der Impulse unabhängig von Helleinrichtungen zu sein, wurden Beziehungen zwischen der Plankensteilheit und der Breite des Frequenzbandes aufgestellt. Die komplexe Verstärkung der Impulsverstärker wurde ebenfalls rechnerisch ermittelt, um rein qualitativ beurteilen zu können, welchen Phasenverlauf die Verstärker besitzen. Als Beispiel für diese Auswertungen

Abb. 9 A 15097 Bl.23

Abb.10 A 15097 Bl.25 die Darstellung des theoretischen Phasenganges, ein- und mehrstufiger Verstärker.

Wenn auch die genannten Arbeiten vorbereitender Natur waren, so konnten doch grundsätzlich Erkenntnisse hieraus gewonnen werden. Der Entkoder und seine Entwicklung wurde als Diplomarbeit der Technischen Hochschule Dresden übergeben. Die Entwicklung jedoch wurde im Impulslabor des Werkes HF durchgeführt. Ebenso konnte das Physikalische Institut der Universität Leipzig mit einer Diplomarbeit beteiligt werden, die sich auf den Aufbau der Synchronisierung von Sende- und Empfangseite bezog. Es ist sicher, daß noch weitere Arbeiten dieser Art anfallen und den Hochschulinstituten zur Verfügung gestellt werden können. Eine Arbeit bleibt allerdings noch übrig zu tun. Der Beginn hierzu kann aber erst im Januar des nächsten Jahres(55) erfolgen und bezieht sich speziell auf die Stabilisierung der Kodung durch Anwendung einer Rückkopplungsschaltung von der Strahlführungselektrode auf den Eingang der Röhre. Auch die Wirkungsweise von Speichergliedern wurde untersucht und mit Hilfe der von Heaviside angegebenen Formeln die Dimensionierung durchgeführt. Eine Zusammenstellung der angefertigten Berichte und Übersetzungen erfolgt in Anhang. Es können nun in dem Abschlußbericht nicht alle Einzelheiten des Verfahrens und der Entwicklung beschrieben werden. Es sollen jedoch einige Hinweise und Besonderheiten der Impulskodomodulation angegeben werden, um das Verständnis für diese Dinge zu fördern.

 <small>Bundesamt für Technische Forschung</small>	Entwicklungsverfahren Impulskodomodulation		Blatt 7
	Ausgabe 7.7.55	Nr. F4-55	A 15563

**OUR ORIGINAL**

4. Beschreibung der Sende- und Empfangsseite mit den Einzelgeräten

4.1 Sendeeinrichtung

Wie schon bekannt, überträgt die Impulskodomodulation die Signale nicht kontinuierlich wie die übliche Trägerfrequenztechnik, sondern bricht mit dieser Tradition und verwandelt die Nutzsignale wie z.B. Sprache, Musik, Fernsehen indiskontinuierliche Vorgänge. Diese Vorgänge stellen den Nachrichteninhalt in Abhängigkeit von der Zeit dar und ermöglichen so die angestrebte Störfreiung. Auf der Sendeseite sind folgende Vorgänge bemerkenswert: Der Abtastvorgang im Probenentnehmer, der Vorgang der logarithmischen Pressung, sowie die Kodung nach dem binären Zahlensystem. Auf der Empfangsseite ist besonders wesentlich die Regenerierung der auf dem Übertragungsweg abgeschliffenen Impulse, der Vorgang der Entkodung und die sich an den Kodungsvorgang anschließende Kanalverteilung.

Die Entwicklung begann auf der Sendeseite und zwar mit dem Abtastorgan des Probenentnehmers. Parallel hierzu wurde der logarithmische Presser für gerade und ungerade Kanäle entwickelt. Gleichzeitig wurde eine Reihe von Hilfsgeräten geschaffen, die in Form von Impulsübergestellen für die Versuche eingesetzt wurden. Es war hierdurch möglich, die derzeit noch nicht entwickelte Koderöhre zu ersetzen. Dann wurden die Kanalverteiler der Empfangsseite in Angriff genommen mit dem auf der Empfangsseite vorzusehenden Problem. Mit diesen Erfahrungen konnte dann an die Entkodung herangegangen werden, die in Form einer Diplomarbeit, wie bereits erwähnt, bearbeitet wurde. Nach Abschluß des Entkoders einschließlich der hierzu gehörenden Abtaststufe wurde dann mit der Hauptaufgabe begonnen, nämlich mit der Entwicklung der Koderöhre. Zunächst wurden einige Vormuster für ein fünfkodiges System entwickelt und dann auf das Ziel der siebenkodigen Röhre zugesteuert.

Kun soll zu den einzelnen Geräten bzw. Gerätegruppen noch kurz Stellung genommen werden. Mit der Abtastproblem im Probenentnehmer wird dabei begonnen. Bei der Probenentnahme gilt folgender Grundsatz: Eine Signalfunktion, die nur Frequenzen in einem begrenzten Frequenzband von 2 MHz enthält,

 <small>VFB Werk für Fernstudien</small>	<small>Entwicklungsplan</small> <i>Entwicklungsplan Impulskodomodulation</i>	<small>Bestell-Nr.</small> <small>Plan-Nr.</small>
	<small>Angabe</small> <small>1</small> <i>25.1.55</i> <small>100</small> <i>4</i>	<small>Nr.</small> <i>F4-55</i> <i>F.</i>

**OUR ORIGINAL**

wobei B gleichzeitig die höchste Signalfrequenz ist, wird vollständig bestimmt, durch ihre diskreten Ordinaten im Abstand von  $\frac{1}{2B}$ . Dieser Vorgang wird im Probenentnehmer realisiert. Durch seine Tätigkeit entstehen aus den herangebrachten Nutzsignalen die Sprachproben. Die Zeit für das Durchlaufen der 12 Kanäle beträgt 125  $\mu$ s und wird mit Dauer einer Kanalzeile bezeichnet. Da in dieser Zeit 12 Kanäle untergebracht werden müssen, beträgt die Zeit für eine Abtastprobe den zwölften Teil, d.h. also 10  $\frac{5}{12}$   $\mu$ s. Die für den Probenentnehmer vorgesehenen Abtastimpulse müssen den beschriebenen Bedingungen gehorchen und bestehen daher aus Steuerimpulsen mit einer Frequenz von 8 kHz und einer Breite von 10  $\frac{5}{12}$   $\mu$ s. Am Ausgang des Probenentnehmers erscheinen also Sprachproben, die dann einem logarithmischen Presser zugeführt werden. Die Kanäle 1 bis 12 kommen nacheinander in den Eingriff, so daß in jedem Moment nur ein Nutzsinal in System umgesetzt wird. Dieser Zustand kann als Vorteil verbucht werden, da die Möglichkeiten für das Übersprechen stark verringert werden und die Linearitätsforderungen der Zwischenverstärker- bzw. Relaisstellen herabgesetzt werden können. Dies sich durch Zerlegung ergebende Originalfunktion kann wie folgt angegeben werden:

$$f(t) = \sum_{-\infty}^{+\infty} f_n \frac{\sin \frac{\pi}{T_0} (t - n T_0)}{\frac{\pi}{T_0} (t - n T_0)}$$

Wenn auch durch die obige Gleichung nur diskrete Amplituden definiert werden mit einem zeitlichen Abstand von  $T_0$   $\mu$ s, so wird trotzdem durch diese Gleichung der Verlauf der Originalfunktion vollständig bestimmt.

In logarithm. Presser werden die ausgetasteten Sprachproben einer logarithmischen Verzerrung nach dem Gesetz

$$y = \ln(1 + ax)$$

unterworfen. Durch diese Maßnahme wird die Dynamik des Systems unter sonst gleichen Umständen erweitert. Die Erhöhung der Dynamik  $D_V$  zu  $D_0$  kann wie folgt angegeben werden:

$$\frac{D_V}{D_0} = \frac{a}{\ln(1+a)}$$

<b>RPE</b> <small>VFB Werk für Fernmeldeanlagen</small>	Entwicklungsplan Impulsmodulation	Blatt Nr. 9
	Nr. F4-55 F-1	A 15563
Ausgabe 7 25.1.55		

**OUR ORIGINAL**

Hierin ist  $a$  der Verzerrungsfaktor. Wird für  $a$  der Wert 15 eingesetzt, so ergibt sich eine Dynamik-Erweiterung, die das 5,4-fache beträgt.

Abb.11 A 15015 Bl.7 Dynamik-Erweiterung für das Verfahren der Impulskodemodulation. Die Darstellung zeigt, wie sich die Dynamik-Erweiterung verhält, wenn der Wert  $a$  wie ein laufender Parameter geändert wird. Es ist klar, daß auf der Empfangsseite ein Dehmer vorhanden sein muß, der die geproßten Sprachproben wieder dehnt, ehe diese nach der Entkodung den Teilnehmer zugeworfen werden. Dehmer und Presser müssen miteinander korrespondieren. Auf der Abb.12 A 15073 Bl.6 sind die Kennlinien beider Geräte verzeichnet. Die Frossung wird mit Hilfe einer Gleichrichter-kombination erzielt. Das Widerstandsvorhältnis dieser Gleichrichterkombination ist auf der Abb.10 mitaufgetragen und entsprechend bezeichnet. Auf der Empfangsseite liegt die gleiche Kombination in Gegenkopplungszweig einer Verstärkeranordnung und erreicht mit dieser Einrichtung den Vorgang der Dehnung. Dieser kurze Hinweis mag für die logarithmische Dehnung genügen, auf der Empfangsseite braucht dann auf dieses Gerät nicht noch besonders eingegangen zu werden.

Die Quantisierung der Signale wird dadurch ermöglicht, daß die Sinnesorgane nur endliche Quantenunterschiede wahrnehmen können, d.h. die Abstufstufen also nicht mit mathematischer Genauigkeit zu übertragen werden brauchen. Es ist also zulässig, Amplituden innerhalb diskreter Bereiche darzustellen. Die Quantisierung im Bereich der Stufen  $a$  ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für das System der Impulskodemodulation. Das sich ergebende Geräusch wird mit Quantisierungsgeräusch bezeichnet und trägt die Bezeichnung  $N_q$ . Bei den Stufen  $a_i$  ergibt sich ein Quantisierungsgeräusch von

$$N_q = \frac{1}{12} \sum_i p(i) a_i^2$$

Hierin ist  $p(i)$  die Wahrscheinlichkeit für den Level  $a_i$  und bei  $a$  gleicher Stufen folgt

$$p(i) = \frac{1}{n}$$

	Entwicklungsvorhaben Impulskodemodulation	A 15563
	F4-55	A 15563

CURRENT ORIGINAL

Ein Maß für die Wiedergabegüte ist das Verhältnis des Nutzs-  
 ignals zum Quantisierungsgeräusch mit  $\frac{s}{N_q} = s^2 - 1$ .  
 Hierin ist  $s$  die Anzahl der zur Verfügung gestellten Ampli-  
 tudenschritte. In einer Tafel ist das Verhältnis von Signal  
 zum Quantisierungsgeräusch kurz dargestellt.

	s	2	4	8	16	32	64	128
	$s^2 - 1$	3	15	63	255	1023	4095	16383
$\frac{s}{N_q}$	Koper	0,55	1,36	2,06	2,79	3,46	4,15	4,84

Nach den bisherigen Erfahrungen würden für die kommerzielle  
 Sprache 32 Schritte ausreichend sein. Soll die Sprache hoch-  
 wertig wiedergegeben werden, dann sind 128 Schritte notwendig.  
 Diese 128 Schritte genügen fast künstlerischen Bedürfnissen  
 und gestatten sogar, daß sich die Teilnehmer an der Klang-  
 farbe ihrer Sprache erkennen.

Die abgetastete logarithmisch verzerrte Probe wird über den  
 Verteiler der Kodieröhre zugeführt. Um der Kodung eine ge-  
 wisse Zeit einzuräumen und auch für den Rücklauf des Strah-  
 les Zeit zur Verfügung zu haben, wurden 2 Kodieröhren vor-  
 gesehen, die abwechselnd von geraden oder ungeraden Kanälen  
 beaufschlagt werden. Hier in der Kodieröhre findet die Umset-  
 zung statt, d.h. die Ablösung des Nachrichteninhaltes der  
 Proben von der Amplitude und die Umsetzung desselben in die  
 Dimension Zeit. Es werden in der Kodieröhre die ankommenden  
 quantisierten Amplituden in Impulsgruppen aufgelöst und für  
 die Übertragung verwendet. Die herangeführten Amplituden  
 lassen sich als natürliche Zahlenreihe auffassen mit insge-  
 samt  $s$  verschiedenen Werten. Diese  $s$  herangeführten Zahlen-  
 werte können als Potenzen irgendeiner Basis ausgedrückt wer-  
 den. Entstehen die obigen Werte des Dezimalsystems,  
 so können sie mit Hilfe von 10 Symbolen, dem Symbol 0 bis  
 Symbol 9 und Potenzen der Basis 10 dargestellt werden. Wird,  
 um in bezug auf die Germauchfrucht ein Cytium zu erklären,  
 zum binären Zahlensystem übergegangen, das sich nur noch  
 zwei Symbole vorhanden 0 und 1. Die Werte werden dann in  
 diesen Symbolen und Potenzen der Basis 2 beschrieben werden:

<b>BBE</b>	Entwicklungsarbeiten Impulskodemedulation	
V18 Werk für Fernstudien		1-5-55
25155	F4-55	A 15563

**COPY ORIGINAL**

$$s = b^r$$

b und r sind ganze Zahlen. Für s = 128 und b = 2 folgt:

$$128 = 2^7$$

worin r = 7 die Anzahl der Codeschritte darstellt. Es wird also die Originalfunktion mit s Amplitudenschritten in eine sekundäre Funktion mit b Stufen, wie oben angegeben, umgewandelt. Anstelle einer Probe treten dann r Impulse nach der Beziehung:

$$r = \frac{\log s}{\log b}$$

Die Verbreiterung des Sprechkanals geht dann, dargestellt durch die Anzahl der Impulse/sec von  $2 B = 8000 \text{ Hz}$  auf  $2 rB = 56000 \text{ Imp./sec}$  bei einem einkanaligen System. Bei einem n-kanaligen System ergibt sich dann noch eine Erweiterung von  $2 rB$  auf  $2 rB \cdot n$ . Für den vorliegenden Fall  $n = 12$  wird dann eine Erweiterung von  $56000 \text{ Imp./sec}$  auf  $672000 \text{ Imp./sec}$  festgestellt. Werden mehrere 12-Kanal-systeme noch zusammengefaßt, z.B. 8 Systeme zu einer Gruppe, so ist die Anzahl der Imp./sec  $672000 \text{ Imp./sec}$  noch mit 8 zu multiplizieren, und es ergibt sich dann ein Wert von  $5376000 \text{ Imp./sec}$ .

In bezug auf die Wahl der Basis b wird für die Nachrichtentechnik der angegebene Wert von  $b = 2$  am vorteilhaftesten sein. Die technische Umsetzung der herangeführten ausgetasteten Sprachproben dürfte bei dieser Basis die wenigsten Schwierigkeiten bereiten. Das Verfahren der Methode "Strom", "kein Strom" ist in der Nachrichtentechnik gebräuchlich und wird auch beim Fernschreiber und anderen Übertragungsverfahren angewendet. Ferner bietet die Wahl der Basis  $b = 2$  die größte Aussicht in bezug auf die Störfreiung. Für das Verhältnis der Signalleistung zur Störleistung ergibt sich folgende Gleichung:

$$\frac{S}{N} = b^2 - 1$$

Hierin ist s die Anzahl der Schritte auf dem Übertragungsweg. Wird für n der angegebene Wert von 2 eingesetzt, so ergibt sich für den Quotienten  $\frac{S}{N}$  der Wert 3. Ist das Geräusch auf

	Entwicklungsarbeiten Impulskodemodulation	Nr. 12
	14-55 / 1	A 15563



**POOR ORIGINAL**

... den ... dungsprozess verlassen die Impulse die Sendeseite  
und ... sie' auf den Übertragungsweg. Im Hobler können  
die Impulse dann noch umgeformt werden, um die Impulse für  
den Übertragungsweg vorzubereiten. Zwei Überwachungsstellen  
für den geraden und ungeraden Weg sorgen dafür, daß die ab-  
weichenden Impulse laufend beobachtet werden können  
(Abb.15 A 15534 Bl.2)

**4.2 Empfangseinrichtung**

Auf der Empfangsseite findet die Umsetzung der gekodeten  
Impulse wieder in die Originalsignale statt. Zunächst werden  
die ankommenden Impulse aufgeteilt nach den jeweiligen Kan-  
nälen mit Hilfe von je 2 in Reihe geschalteten Hoblern. Die  
Hobler besitzen in Verbindung mit den herangeführten Steuer-  
impulsen die Eigenschaft von Amplitudenfiltern, die die Re-  
generierung der herangeführten Impulse übernehmen. Die Wir-  
kung der Regenerierung ist auf der Abb.16, Skizze  
SKE 4/26/54 dargestellt. Diese Skizze soll einen Begriff  
geben, in welcher Form die Regenerierung vor sich geht. Die  
Kurven A zeigen die erheblich abgeschliffenen Impulse, wie  
diese bei dem Empfänger eintreffen. Diese Kurvenzüge müssen  
ausgerichtet werden, und diese Tätigkeit übernehmen die an  
Eingang der Empfangsseite erwähnten Hobler. Es entstehen zu-  
nächst die Scheiben B und aus diesen mit Hilfe der Steuer-  
impulse C, die regenerierten Impulse D. Es zeigt sich, daß  
die Nutzsignale völlig vom Kanalgerausch befreit sind und  
der Entkodung zugeführt werden können.

Der Entkoder besteht im wesentlichen aus einem Parallelkreis  
von Widerstand und Kapazität (Abb.17 A 15007 Bl.5).

Ausgenutzt wird von diesem Kreis die exponentielle Entla-  
dungskurve, wie auf der Abb.17 zu erkennen ist. Die Impuls-  
gruppen treffen zu bestimmten vorgeschriebenen Zeiten ein  
und entladen sich über die durch die Abtastimpulse der Em-  
fangsseite vorgeschriebenen Zeiten.

Treffen weitere Impulse ein, so überlagern sich diese den  
Exponentialkurven und zwar so, daß nach  $T = \frac{1}{f}$  die nach-  
verwandelte Amplitude entnommen werden kann. Auf der

 <small>RAF</small> <small>75.1.55</small> <small>1</small>	Bezeichnung <i>Entwicklungsvorhaben Impulskodemodulation</i>	Dokument Nr. Blatt Nr. 54
	Nr. F4-55 - 1	Blatt Nr. A 15563

**POOR ORIGINAL**

beigefügten Abb.17 ist die Wiedergabe der Amplitude 37 dargestellt. Der in Reihe gelegte zusätzliche Schwingungskreis  $C_2 R_2 L_2$  hat den Sinn, den Verlauf der exponentiellen Entladung zu beeinflussen und dafür zu sorgen, daß an den Stellen, bei denen neue Impulse zu erwarten sind die exponentielle Entladungskurve einen "Terrassenpunkt" besitzt.

Die Sammler arbeiten mit Hilfe von gegeneinander geschalteten Trioden und fassen an ihren Ausgängen die entkodeten Produkte zusammen. Von hier aus gehen diese Produkte zum Dehner, der die angelieferten Amplituden wieder auf die Originalbereiche dehnt. Eine kurze Beschreibung des Dehners wurde bereits auf der Sendeseite gegeben und braucht daher an dieser Stelle nicht wiederholt zu werden. Die entkodeten und gedehnten Amplituden werden dann durch Kanalverteiler dem jeweiligen Teilnehmer zugewiesen. Damit wäre die Anlage kurz beschrieben, wie sie für die kommerzielle Sprache entwickelt wurde und demnächst für Versuche eingesetzt werden soll.

5. Abschließende Bemerkungen

Zu der Entwicklung kann bemerkt werden, daß bei der Durchführung des Vorhabens, insbesondere nach den getätigten theoretischen Vorbereitungen, kaum grundsätzliche Schwierigkeiten eingetreten sind. Es wurde angestrebt, nach Möglichkeit alle Vorgänge rechnerisch zu erfassen, um die zu erwartenden Meßergebnisse im voraus angeben zu können. Für diese rechnerischen Arbeiten wurde zwar ein wenig Zeit aufgewendet, aber der Mehraufwand hat sich durchaus gelohnt.

Da Erfahrungen mit dem Aufbau der Impulskodieröhre nicht vorlagen, wurden zunächst einige Muster dieser Spezialröhre mit einem Raster von 32 Schritten ausgeführt. Die Ausführung dieser Muster hatte ausschließlich den Sinn, die mechanische Erstellung der Aufbautteile zu prüfen und Erfahrungen im Stanzen der Rasterplatte zu gewinnen. Die Stanze hierzu wurde als Säulenführungsgestell ausgeführt, was es gelang mit einiger Sorgfalt, auch an die 128 Raster herzustellen. Ein eisen für diesen Zweck hergestellter Satz von Endmaßen erleichterte die

 <small>VII Werk für Nachrichtentechnik</small>	<small>Entwicklungsvorhaben</small> <i>Impulskodemodulation</i>	<small>Blatt Nr. 15</small>
	<small>Abgabe Tag</small> 25.1.55	<small>Fl-55</small>

**POOR ORIGINAL**

Ausführung der Stanzarbeiten wesentlich. Die Justierung der Spezialelektroden erfolgte optisch, wie auch die Zusammensetzung der Rasterplatte mit der Strahlführungselektrode. Es gelang sogar, die Strahlführungselektrode mit dem Raster in einer Bohrlehre so optisch zu justieren, daß ein Optimalwert in bezug auf Übereinstimmung beider erreicht werden konnte. Ende Dezember 1953 war die erste siebenkodige Röhre erstellt und konnte dann nach kurzer Zeit für die Versuche eingesetzt werden. Die mit dieser Röhre erzielten Impulsfolgen sind auf den Abb.18 zu erkennen.

Damit war nun die einwandfreie Kodung erwiesen, so daß gegen Ende des Jahres 1954 die Sondeseite mit der Empfangsseite erprobt werden konnte. Die Arbeiten für das Zusammenspiel Modulationsatz und Demodulationsatz laufen noch, da bei dieser Methode eine Vielzahl von Geräten in Übereinstimmung zu bringen sind. Ist dieser Schritt vollzogen, kann an die weitere Ausgestaltung der Anlage gegangen werden, und die für die Gegensprecheinrichtung noch erforderlichen Geräte in Angriff genommen werden. Es wird sich dann eine Art Vierdrahtbetrieb ergeben, wie dieser in der Abb.19 SK(TS)152/53 dargestellt ist.

Nach den bisherigen Erfahrungen kann die Impulskodemodulation universell eingesetzt werden. So ist es auch möglich, sie z.B. für die Übertragung von Fernsignalen sowie Nutzsignalen aller Art anzuwenden. Auf Abb.20 A 15560 Bl.1 ist die Anwendung der Impulskodemodulation für die Zwecke der Fernsehtechnik kurz aufgezeichnet. Die Steuer- und Synchronisierungsimpulse sind berechnet und miteingezeichnet. Es handelt sich hierbei um ein Einkanalssystem, 2- und 4-Kanalssystem. Die Angabe der Taktzeiten erfolgte, um das Bild über die Betriebsbedingungen einer Fernsehübertragungseinrichtung nach dem Verfahren der Impulskodemodulation zu vervollständigen.

An der Entwicklung der Aufgabe haben sich besonders beteiligt:

- Das Labor für Bildröhren, Leiter In-...
- Die Röhrenwerkstatt, Leiter In-...
- Das Labor für Condengeräte, Leiter In-...
- Das Labor für Impulskodemodulation, Leiter In-...

	Entwicklungsverfahren Impulskodemodulation	A 15563
	Fl-55	A 15563

**POOR ORIGINAL**

6. Die Entwicklung der Netzgeräte

Das Nodungsgestell der Sendekette wird aus fünf Netzgeräten, die als Einschübe ausgebildet sind, gespeist. Zwei Netzgeräte von diesen sind Hochspannungsnetzgeräte, die eine Gleichspannung von 3 kV abgeben können, bei einer Stromentnahme bis 6 mA bzw. bis 12 mA. Da an das Gerät für den 12 mA-Bereich zwei Spannungsteiler angeschlossen werden sollen, muß die Ausgangsspannung stabilisiert werden, um eine gegenseitige Beeinflussung auszuschließen. Diese Stabilisierung wurde im Laufe der Entwicklung noch nachträglich eingebaut. Das dritte der genannten Geräte liefert vier elektronisch stabilisierte Spannungen bis 460 V. Drei sind belastbar bis 100 mA, das vierte bis 180 mA. Die Eingangsgleichspannung für diese Gruppe von Netzgeräten beträgt etwa 700 V. Da normale Gleichrichterröhren nur eine optimale Spannung von 500 V eff. vertragen, wurden 2 Thyratrons in Gegentaktschaltung verwendet. Diese arbeiten als Quecksilberdampfgleichrichter und benötigen für den Betrieb eine Einbrennzeit von 20 Minuten. Wird diese Einbrennzeit nicht eingebracht, so können durch Rückzündungen die Quecksilberdampfröhren zerstört werden. Es wurde in Erwägung gezogen, die Thyratrons durch Trockengleichrichter zu ersetzen, um die Anheizzeit zu vermeiden. Der Platzbedarf für die Trockengleichrichter würde aber unter den vorhandenen Betriebsbedingungen ein wesentlich größerer sein. Das vierte Netzgerät liefert eine elektronisch geregelte Gleichspannung von 250 V bei einer Stromentnahme von max. 250 mA. Außerdem werden 12 Gitterspannungen erzeugt, die mit Hilfe eines Spannungsteilers geregelt werden können. Die Vorspannungen sind, da es der Verwendungszweck erfordert, stabilisiert. Das 5. Netzgerät liefert eine Gleichspannung von 300 V bei einer Stromentnahme von 400 mA. Das Netzgerät 5 ist ebenfalls elektronisch stabilisiert. Zur Erzeugung der Gleichspannung sind 2 Thyratrons in Gegentakt geschaltet.

Die Stromversorgung für das Entkodungsgestell der Empfangsseite besteht aus 2 Netzgeräten, die in Form von Einschüben ausgeführt sind. Das erste Netzgerät liefert eine elektronisch stabilisierte Spannung von 250 V bei einer max. Stromentnahme von 210 mA..

Das Verfahren der elektronischen Regelung besteht in folgendem:

 VEB Werk für Fernmeldetechnik 1 25.1.55 Ausgabe: 1 Teil	Bezeichnung <i>Entwicklungsvorhaben          Impulscode-Modulation</i>	Bericht Nr. Blatt Nr. 17
	Nr. F4-55 1	A 15563

**POOR ORIGINAL**

Abb.21 A 15562. Eine Regelpentode, die als Gleichstromverstärker arbeitet, steuert eine Endtriode, die als veränderlicher Widerstand geschaltet ist. Als Spannungsnormale dient eine Glühlampe. Diese Glühlampe ist in die Kathodenleitung der Pentode geschaltet und liefert die Bezugsspannung, mit der die Ausgangsspannung verglichen wird. Ein Spannungsteiler liegt parallel zur Ausgangsspannung. Von diesem wird die Gitter- und Schirmgitterspannung für die Pentode abgegriffen.

Erhöht sich z.B. die Eingangsspannung, so steigt auch die Spannung am Ausgang etwas an, wodurch sich die negative Spannung am Steuergitter der Pentode verringert. Hierdurch erhöht sich der Anodenstrom, und an Anodenwiderstand erhöht sich die negative Spannung, die dem Steuergitter der Triode zugeführt wird, wodurch sich die Ausgangsspannung um soviel verringert, wie die Eingangsspannung angeht. Der große Vorteil dieser Schaltung besteht darin, daß sich mit ihr sowohl die Netzschwankungen als auch die Laständerungen ausregeln lassen. In dem soeben beschriebenen Netzgerät wurden als Leistungstriode 2 x 2 Röhren der Type 6 L 6 in Parallelschaltung verwendet. Schirmgitter, Bremsgitter und Anode sind miteinander verbunden. Der Gleichstrom verteilt sich in zwei Kreise und fließt durch je eine Drossel und durch je zwei parallel geschaltete Röhren 6 L 6.

Fällt eine Leistungsröhre aus, so fließen durch die Drosseln verschiedene Ströme. Zwischen den Drosseln entsteht somit ein Potentialunterschied. Das an den Drosselenden befindliche Relais zieht an, bringt ein weiteres Relais zum Ansprechen und schaltet die Ausgangsspannung ab. Ein weiteres Relais ist vorgesehen, um die Abschaltung der Stromkreise bei Überspannung zu erwirken.

7. Die Synchronisierungsanlage

Das PCM-Übertragungsverfahren erfordert eine umfangreiche Synchronisierungsanlage. Diese teilt sich auf in eine Anlage auf der Sendeseite und eine auf der Empfangsseite. Die ganze Synchronisierungsanlage hat die Aufgabe, einerseits die sowohl auf der Sende- als auch auf der Empfangsseite benötigten Steuerimpulse bzw. Sägezähne zu erzeugen und andererseits die beiden Teile der Synchronisierungsanlage auf der Sende- und der Empfangsseite durch Synchronisierungsimpulse synchron laufen zu lassen.

 VEB Werk für Fernmeldetechnik 1. 28.1.55 Ausgabe: 100	Entwicklungsvorhaben Impulskodemodulation	Blatt Nr. 18 A 15563
	F 4-55	A 15563

**POOR ORIGINAL**

lassen.

Die für das Übertragungsverfahren erforderlichen Steuerimpulse wurden von Labor E14 festgelegt. Die Steuer- und Tastimpulse auf der Sendeseite sind in der Zeichnung Abb.22 SK E14/70/53 und die auf der Empfangseite in der Zeichnung Abb.23 SK E14/67/53 zusammengestellt. Als grundlegende Forderung bestand dabei, dieses Programm an Steuer- und Tastimpulsen sowie Sägezähnen in einer Anlage in Form eines Funktionsmusters zu realisieren, wobei Fragen der Erzielung optimaler Effekte durch minimalen Aufwand zunächst zurückgestellt werden sollten. Es war also die Aufgabe gestellt, eine prinzipielle Lösung zu entwickeln, die die sichere experimentelle Durchführung einer Mehrkanal-PCM-Übertragung gewährleisten sollte. Dieses Ziel sollte in zwei Entwicklungsschritten erreicht werden. Als erster Entwicklungsschritt wurde bis Ende 1954 eine 6-Kanal-PCM-Übertragung im Kurzschlußbetrieb geplant. Der Kurzschlußbetrieb unterscheidet sich vom endgültigen Betrieb insbesondere dadurch, daß Sendeeinrichtung und Empfangsanlage räumlich dicht beieinander stehen. Das gleiche gilt für die zum System gehörende Synchronisierungsanlage. Dies beinhaltet den die Entwicklungsarbeiten vereinfachenden Umstand, daß einige Impulse der Sendeseite auf der Empfangseite nicht neu erzeugt zu werden brauchen, sondern daß sie auf der Empfangseite entweder unmittelbar oder mittelbar verwertet werden können.

Der grundsätzliche Aufbau der Synchronisierungsanlage für den Kurzschlußbetrieb ist in der Zeichnung Abb.24 SK E14/65/53 dargestellt. Darin kommt auch zum Ausdruck, daß nicht alle erforderlichen Steuer- oder Tastimpulse direkt erzeugt werden können, sondern daß dazu eine Reihe weiterer Hilfsimpulse notwendig ist. Als weiterer Entwicklungsschritt sind die Entwicklungsarbeiten an der Synchronisierungsanlage so weit fortgeschritten, daß auch eine räumliche Trennung der Synchronisierungsanlage auf der Sendeeinrichtung und Empfangsanlage Anfang 1955 möglich ist. Der Aufbau der Synchronisierungsanlage auf der Empfangseite für diesen Fall ist in der Zeichnung Abb.25 SK E14/108/54 dargestellt. Zur Synchronlaufen beider Anlagenteile ist lediglich die Übertragung der 672 kHz-Sinusschwingung sowie des 4 kHz-Synchronisierungsimpulses erforderlich. Alle auf der Empfangseite benötigten

<b>REI</b> VEB Werk für Fernmeldewesen 1. 25.1.55 Ausgabe 1. Tag	Bezeichnung	Entwicklungsvorhaben Impulskodemodulation	Beschriftung	Blatt No. 19
	Nr.	F4-55		A 15563

**POOR ORIGINAL**

Steuer- und Taktimpulse werden dann auf der Empfangsseite erzeugt.

Für den konstruktiven Aufbau des Funktionsmusters wurde die Gestellbauweise gewählt, ohne daß damit späteren Entscheidungen über die kommerzielle Ausführungsform der Synchronisierungsanlage vorweggegriffen sein soll.

Je eine Ansicht des Teiles der Synchronisierungsanlage auf der Sendeseite und der Empfangsseite ist in den Fotos Abb.29a-e wiedergegeben. Die Zeichnungen SK E14/106/54 und SK E14/107/54 erläutern den Aufbau. Als Bauweise der einzelnen Bestandteile der Synchronisierungsanlage wurde der leichten Austauschbarkeit und der guten Zugänglichkeit wegen eine Bauweise in einzelnen Baueinheiten gewählt. Dabei sind die einzelnen Baueinheiten stromversorgungseitig über Lötverbindungen durch Kabelbäume und hochfrequenzseitig über schraubbare HF-Verbindungskabel miteinander verbunden. Die Netzgeräte zur Stromversorgung sind jeweils im gleichen Gestellrahmen wie die dazugehörigen Baueinheiten untergebracht. Für die einzelnen Baueinheiten wurde eine solche Konstruktion verwendet, die einen Röhrenwechsel von der Frontplatte aus gestattet. Dies hat den weiteren Vorteil, daß alle Röhren in einem von unten nach oben durchgehenden Luftschacht sitzen, so daß die entstehende Wärme weitgehend von den Schaltelementen der Baueinheiten ferngehalten wird. Zu Beginn der Entwicklungsarbeiten standen allein die Oktal-Röhren zur Verfügung. Sie wurden nach Erscheinen der Miniatur-Röhren aus Gründen der Einheitlichkeit beibehalten. Es werden fast durchweg Röhren der Typen 6 AC7, 6 AG7 und 6 SN7 verwendet.

Die Entwicklungsarbeiten zur Synchronisierungsanlage werden räumlich getrennt von den Entwicklungsarbeiten zum FCK-Übertragungsverfahren durchgeführt. Verschiedene Steuerimpulse, die bei den letztgenannten Arbeiten benötigt wurden, werden seit etwa 2 Jahren ohne Störungen oder Beeinträchtigungen über etwa 80 m lange HF-Kabelverbindungen von der Synchronisierungsanlage geliefert. Die Übertragung über Sägezähne zur die Auslenkatufen der Federöhre über die verhältnismäßig langen Kabel erwies sich nicht als zweckmäßig, weil es entwicklungsunfähig war, Form und Amplitude der Sägezähne in unmittelbarer Nachbarschaft der Federöhre beeinflusst werden können. Es wurde

 VEB Werk für Fernmeldetechnik 1 25.7.58 Angabe: Tee	Bezeichnung Entwicklungsvorhaben Impulskodemodulation	Zeichnung Blatt No. 20
	Nr. F4-55	A 15563

**POOR ORIGINAL**

deshalb Teile der Synchronisierungsanlage direkt beim Kodungsgestell aufgestellt und lediglich die dafür erforderlichen Steuerimpulse über HF-Kabel übertragen. Im derzeitigen Entwicklungszustand (Übertragung von 6 Gesprächskanälen) wären für die Heranbringung der Kanal-Tastimpulse 12 weitere HF-Kabel erforderlich gewesen. Um diese einzusparen, wurden die Gestelle zur Erzeugung der Kanal-Tastimpulse ( $I_1 \dots I_6$ ,  $ID_1 \dots ID_6$  in SK E14/65/53) ebenfalls räumlich getrennt von der eigentlichen Synchronisierungsanlage beim Kodungsgestell aufgestellt.

Trotz dieser räumlichen Trennung verschiedener Teile der Synchronisierungsanlage und den dadurch bedingten Anschluß der Stromversorgung an verschiedene Netze ergaben sich keinerlei Komplikationen oder Beeinträchtigungen in der Arbeitsweise der gesamten Synchronisierungsanlage. Insbesondere blieben die Stabilität und die Phasentarrheit aller Impulse in vollen Umfang erhalten.

Einzelheiten der Entwicklung der Synchronisierungsanlage seien an Hand der Blockschaltbilder SK E14/65/53 und SK E14/108/54 erläutert.

Als Mutterfrequenz wird eine quarzstabilisierte Frequenz von 672 kHz verwendet. Zur Temperaturkompensation wird ein Einfachthermostat mit einer Arbeitstemperatur von  $50^\circ\text{C}$  verwendet. Dieser ist seit Mitte 1952 ununterbrochen im Betrieb. Zur Verbesserung der Frequenzkonstanz wurde eine Quarzstufe mit Doppelthermostat als Labormuster gebaut, die die jetzige Quarzstufe später ersetzen kann. Durchgeführte Untersuchungen bei Schwankungen der Arbeitstemperatur des Thermostaten um  $\pm 5^\circ\text{C}$  ergaben keine Beeinträchtigung der Phasentarrheit aller Impulse, die durch Frequenzteilungsverfahren gewonnen werden.

Aus der 672 kHz-Sinusschwingung werden nach der Methode des Stoßkreises die 0,4 us breiten Impulse  $I_{G1}$  mit der Folgefrequenz von 672 kHz abgeleitet, die innerhalb der Synchronisierungsanlage als Hilfsimpulse verwendet werden.

Mit Hilfe einer Blocking-Teilerstufe wird aus dieser Folge von Nadelimpulsen jeder siebente Impuls ausgeblendet, so daß Nadelimpulse mit einer Folgefrequenz von 96 kHz gewonnen werden. Da diese Nadelimpulse durch das Blocking-Verfahren dieselben sind,

<b>RFT</b> <small>VSB Werk für Fernstudien</small>	Entwicklungsvorhaben <i>Impulscode-modulation</i>		Blatt 21
	Nr. <i>F4-55</i>	F 1	A 15563
1 Ausgabe Tag Monat	25 7 55		

**POOR ORIGINAL**

wie die mit der Folgefrequenz von 672 kHz, so ist die Frequenzteilung absolut phasentarr. Das Flocking-Verfahren bringt gleichzeitig den Vorteil mit, daß es in weiten Grenzen unabhängig von Schwankungen der Versorgungsspannungen ist. Ebenso wie hier wurde auch in der gesamten Synchronisierungsanlage der Forderung nach extremer Phasentarrheit aller Impulse Rechnung getragen.

Bei getrennter Sende- und Empfangsanlage wird der Blocking-Teiler 672/96 kHz durch den verstärkten 4 kHz-Synchronisierungsimpuls synchronisiert, welcher ebenfalls gleichzeitig mit dem Signal übertragen wird.

Aus den 96 kHz-Impulsen werden in einer weiteren Teilerstufe 48 kHz-Impulse gewonnen. Dies sind ebenfalls Nadelpulse, die zu den 672 kHz-Impulsen absolut phasentarr sind.

In weiteren Teilerstufen werden auf gleiche Weise 8 kHz- und 4 kHz-Impulse gewonnen. Alle Impulse sind somit untereinander absolut phasentarr.

In der Frequenzteilerstufe 96/48 kHz wird jeder zweite Impuls ausgeblendet, so daß die neue Impulsfolgefrequenz 48 kHz beträgt. Je nachdem, wie die Ausblendung zeitlich einsetzt, können entweder die geradzahligen oder die ungeradzahligen 96 kHz-Impulse ausgeblendet werden. Dies geschieht in den Kanalaufteilern, so daß am Ausgang der beiden Kanalaufteiler zwei Impulsfolgen vorhanden sind, die zeitlich um den Abstand zweier 96 kHz-Nadelpulse verschoben sind.

In den Impulsauswahlstufen werden den 48 kHz-Impulsen die 672-kHz-Impulse zugefügt. Dadurch kann jeder beliebige 672-kHz-Impuls angehoben und aussortiert werden, so daß sich beide 48-kHz-Impulsfolgen zeitlich um ganzzahlige Vielfache des Abstandes zweier 672 kHz-Impulse verschieben lassen. Auf diese Weise läßt sich der Zeitfahrplan aller Impulse variieren und dem Übertragungssystem anpassen.

In den beiden Impulsegebern werden die endgültigen 5 µs-Steuimpulse abgeleitet. Die Impulsdauer wird dabei durch je einen Schwingungskreis festgelegt (Stoßkreis).

In Impulsegeber für die beiden 48-kHz-Impulse dienen zur Ableitung der Sägezähne für die Koordinate die beiden ...

<b>RUBI</b> VSB Werk für Fernstudien	Entwicklungsarbeiten Impulskodemodulation	1.2.55	22
1	44-55	A 15563	

**POOR ORIGINAL**

Multivibratorschaltung die Impulslänge festlegt, indem die beiden gegeneinander versetzten 48-kHz-Impulsfolgen Anfang und Ende jedes Rechteckimpulsen definieren.

Diese Impulse werden über Umkehrstufen den Stufen zur Erzeugung der zeitlich gestaffelten Kanal-Tastimpulse zugeführt. Der von Frequenzteiler 48/8 kHz erzeugte 8-kHz-Impuls wird in eine sinusförmige 8-kHz-Schwingung umgewandelt, mit der danach eine Laufzeitkette gespeist wird. Die verschiedenen Ausgänge der Laufzeitkette liefern zeitlich verschobene Schwingungen, die in den 8-kHz-Impulsgebern im Zusammenwirken mit den 48-kHz-Impulsen die endgültigen Kanal-Tastimpulse von  $10 \frac{5}{12} \mu s$  auf der Sendeseite und 5  $\mu s$  Länge auf der Empfangsseite ergeben.

Beim Kurzschlußbetrieb werden die gegeneinander verschobenen 48-kHz-Impulsfolgen direkt auf die Empfangsseite übertragen, wo sie über ähnliche Impulsauswahlstufen wie auf der Sendeseite die Impulsgeber steuern, in denen die endgültigen 2  $\mu s$ -Impulse mit der Folgefrequenz von 48 kHz abgeleitet werden. Dieselben direkt übertragenen Impulsfolgen steuern dann über zwei weitere Impulsauswahlstufen die Impulsgeber zur Erzeugung der vier jeweils um eine Viertel-Periode gegeneinander versetzten 48-kHz-Impulsfolgen. Letztere bestehen aus Impulsen von jeweils  $10 \frac{5}{12} \mu s$  Dauer.

Ferner werden von den direkt übertragenen Impulsfolgen die empfangsseitigen Impulsgeber für die Kanal-Tastimpulse gesteuert. Dabei wird, ebenso wie auf der Sendeseite, die direkt übertragene sinusförmige 8-kHz-Schwingung über eine Laufzeitkette den Impulsgebern zugeführt.

Bei getrennter Send- und Empfangsseite werden die verschiedenen 48-kHz-Impulsfolgen durch synchronisierte Teiler- und Auswahlstufen neu erzeugt (siehe Zeichnung; SK E14/102/54). Die Synchronisierungsanlage auf der Sendeseite ist die gleiche wie beim Kurzschlußbetrieb, sie braucht nicht verändert zu werden.

Neben diesen Entwicklungsaufgaben zur Erreichung der gesteckten Ziele mußten noch einige Sonderaufgaben gelöst werden. Es wurden zur Durchführung der experimentellen Arbeiten an der Todeanlage Impulse sehr niedriger Folgefrequenz ( $2 \frac{2}{3}$  kHz/500 Hz/1 Hz) benötigt, von denen gefordert war, daß sie

	Bezeichnung: <i>Entwicklungsvorhaben Impulsmodulation</i>	Blatt Nr. <i>23</i>
	Nr.: <i>F4-55</i>	<i>A 15563</i>
VEB Werk für Fernstudien 1. 25.3.55 Ausgabe: <i>1</i>		

**POOR ORIGINAL**

zu den übrigen Impulsen des Systems sind. Diese Forderung ergab sich bei der Durchführung von oszillographischen Untersuchungen, da mit Impulsen, die auf andere Art erzeugt wurden, keine stehenden Bilder zu erzielen waren. Diese Sonderaufgaben wurden, ausgehend von den bereits in der Synchronisierungsanlage vorhandenen Impulsen, ebenfalls gelöst und ermöglichten eine exakte Überprüfung der gesamten Sendeseite des bisher entwickelten PCM-Systems.

*R. Heppner*

Anlagen:

**Z e i c h n u n g e n**

- SK E14/70/53
- SK E14/67/53
- SK E14/65/53
- SK E14/108/54
- SK E14/106/54
- SK E14/107/54

<b>RFEI</b> 118 Wern-ICP Fernstudienanstalt 1 25.7.55 Ausgabe: TCG	Bezeichnung	Entwicklungsvorhaben Impulskodemodulation	Bericht über Blatt	Blatt Nr. 26
	Nr.	F4-55		A 15563

**POOR ORIGINAL**

L i t e r a t u r 1950 - 1954

- E. Prokott                      Impulsmodulation, Archiv der elektrischen Übertragung. Bd.4 1950 Heft 1
- H. Holzwarth                    Die Modulationsverfahren mit Frequenzaufteilung Zeitschrift für Schwingungs- und Schwachstromtechnik, Frequenz. Bd.4 Heft 2 1950 I. Teil  
Bd.4 Heft 3 1950 II. Teil  
Bd.4 Heft 4 1950 III. Teil
- W. Meyer-Eppler                Nachrichtentheorie von Shannon  
FTZ Heft 5 1950
- J. Schunack                    Der Einfluß des übertragenden Frequenzbandes auf die Güte des Fernschbildes. A.E.U. Bd.3 1949 S. 301 - 304  
S. 323 - 327  
A.E.U. Bd.4 1950 S. 75 - 81  
S. 113 - 120
- Johannes Müller                Über Verzerrungen bei Impulslängenmodulation  
A.E.U. Bd.4 1951 S. 51 - 58
- W. Runge                        Vergleich der Rauschabstände von Modulationsverfahren  
A.E.U. Bd.3 1949 S. 155 - 159
- H. Holzwarth                    Pulsmodulation und ihre Verzerrungen bei logarithmischer Amplitudenquantelung  
A.E.U. 1949 Bd.3 S. 277 - 285
- H. Köhler                        Die Eignung von Widerstandsverstärkern zur Verstärkung von Gleichspannungsimpulsen  
ENT 1941 Bd.18 Heft 5
- H. Köhler                        Verstärkung von Gleichspannungsimpulsen bei Unterdrückung des Verstärker-rauschens  
ENT 1943 Bd.20 Heft 3
- P.R. Schröter                    Vorrichtung für störungsfreie elektrische Fernübertragung  
A.E.U. 1947 Bd.2 S. 2 - 43
- E. Kettel                        Der Störabstand bei der Nachrichtenübertragung durch Codesmodulation  
A.E.U. 1948 Bd.5 S. 161 - 164
- R. Stampfl                      Bemerkungen zur Impulsdeltamodulation  
Österreichische T.F.1954 Jahrg.8  
Heft 5 - 6

<b>RENT</b> <small>VER. Werk für Fernmeldewesen</small>	Bezeichnung	Bezahlungsart	Datum
	<i>Entwicklungsarbeiten Impulsmodulation</i>	Bau Nr 25	
Ausgabe 1 21.1.55	Nr F4-55 F 1	A 15563	

**POOR ORIGINAL**

- F.R. Schröter Quantisierungstechnik Telefunken-  
 Zeitung Heft 95 1952 52.Jahrg.
- R. Piloty Über die Beurteilung der Modulations-  
 systeme mit Hilfe des nachrichtentheore-  
 tischen Begriffes der Kanalkapazität  
 A.E.U. 1950 Bd.4 Heft 12
- J. Müller Die Übertragung der Sprungfunktion  
 durch den gegangekoppelten Verstärker  
 PTE 1951 Heft 12 S. 547
- K. Steinbuch Über Impulsverzerrung auf RC- und LG-  
 Leitungen  
 A.E.U. 1951 Bd.5 S. 354 - 360 .
- H.F. Meyer Prinzipien der Pulsmodulation  
 im Verlag Siemens u. Halske,  
 Bln.-Siemensstadt
- K. Steffenhagen Umwandlung einer 2-kHz-Sinusschwingung  
 in Kodeimpulse bei einem Zwölfkanal-  
 system und ihrer Rückumwandlung auf der  
 Empfangsseite  
 Nachrichtentechnik 2. Jahrg. 1952 Nr.3  
 S. 79 - 83
- K. Steffenhagen Entkodungsvorgänge bei der Impulskode-  
 modulation  
 Nachrichtentechnik 1953 3. Jahrg.  
 Heft 7

 BfV VERBODEN TOEGANG VOOR ALLE ANDEREN	Benennung	Entwicklungsverhaben Impulsmodulation	Erstellt aus	Blatt
	1 25.1.55 Ausgabe Tag	Nr.	F4-55 1	Blatt Nr. 26

**POOR ORIGINAL**

L i t e r a t u r 1950 - 1954

- P.A. Reiling                      Companding in PCM  
Transmission Research Bell Lab. Record  
26 Heft 12, 1948
  
- B.H.Oliver,  
J.R.Pierce,  
C.F.Shannon                      The Philosophie of PCM  
Proceedings of the J.R.E.  
Bd. 36 Heft 11, 1948
  
- E.R. Kretzmer                      Interference Characteristics  
of Puls- Time-Modulation  
Proceedings of the J.R.E.  
Bd. 38 Heft 3, 1950
  
- A.G.Clavier,  
P.F.Fanter,  
W.Dite                              Signal-to-Noise-Ratio  
Improvement in a Pulse-Count-Modulation  
System  
El. Communication Bd.26 Heft 3, 1949
  
- W.R. Bennett                      Noise in PCM, Bell Laboratories Record  
Bd. 26 Heft 12, 1948
  
- J.M. Manley                        Synchronization of the PCM Receiver  
Bell Laboratories Record  
Bd.22 Heft 2, 1949
  
- F.F. Roberts                        Pulse Techniques in Coaxial Cable Testing  
Post Office El.Eng.Journal 1947/48
  
- J. Swaffield                        The Potentialities of the Vocoder for  
Telephony over very long Distances  
Post Office El.Eng.Journal 1947/48
  
- L.A. Heachan,  
E. Peterson                        An Experimental Multichannel  
Pulse Code Modulation System of  
Toll Quality  
Bell System Technical Jpurnal Bd.27  
Heft 1, 1948
  
- R.W. Sears                        Electron Beam Deflection Tube for Pulse  
Code Modulation  
Bell System Techn.Journal January 1948
  
- R.L. Carbrey                        Decoding in PCM, Bell Laboratories R  
Record Bd.26 Heft 11, 1948
  
- D.D. Grieg                         Pulse Count Modulation El.Communication  
Bd.24 September 1947
  
- A.G. Fitzpatrick                    PCM Coding System Uses Special Tubes  
Electronics, November 1953
  
- A.J. Oxford                         Pulse Code Modulation Systems,  
Proceedings of the IRE, Juli 1952, 15
  
- A.J. Oxford                         Pulse Code Modulation System, Journal of  
the British Institution of Radio  
Engineers

<b>RFT</b> <small>VER Wert für Fernstudien</small>	Bezeichnung <i>Entwicklungsarbeiten Impulscode-Modulation</i>		bestellt aus Lett
	Nr. <i>F4-55</i>	Blatt Nr. <i>27</i>	<i>A15563</i>
Anzahl <i>1</i>	Tag <i>25.1.55</i>	Name <i>OK</i>	

**POOR ORIGINAL**

D.K. Chang

A Note on the Reproduction of Pulses,  
Proceedings of the IRE, S. 963 Aug. 1952

L. Lewin

Interference in Multi-Channel Circuits  
Electrical Communication 1951, June

B. Koskowitz  
D.D. Grieg

Noise-Suppression Characteristics of  
Pulse-Time Modulation  
Electrical Communication (ohne Angaben)

<b>RFT</b> VSB Werk für Fernstudien	Bezeichnung	Entwicklungsverfahren Impulsmodulation	Laufnummer	8 47
	Nr.	F 4-55	Blatt Nr.	28
1. Ausgabe	Tau		A 15563	

**POOR ORIGINAL**

Berichte 1950 - 1954 sowie Übersetzungen

- K. Steffenhagen, L. Kirschning Deutsche Bearbeitung An Experimental Multichannel Pulse Code Modulation System of Toll Quality von Meacham and E.Peterson E 7a, 29.V.1950
- K. Steffenhagen Entkodungsvorgang bei der Impulskodemodulation R.L.Carbrey Bell Lab. Record Bd.26 Heft 11, 1948 E 7b 15.VI.1950
- L. Kirschning, K. Steffenhagen Umwandlung einer 2-kHz-Sinusschwingung in Kodeimpulse und ihre Rückumwandlung auf der Empfangsseite K 7, den 27.7.1950
- K. Steffenhagen Bericht über die Verformung eines Rechteckimpulses in Schaltungen bestehend aus Widerständen, Induktivitäten und Kapazitäten. E 7, den 1.2.1951, I. Teil E 7-142, den 19.5.1952, II. Teil
- L. Kirschning, W. Grünefeld The Philosophy of PCM of Cliver, Pierce, Shannon, Proceedings of the IRE, Bd.36 Heft 11, 1948
- K. Steffenhagen Der Probenentnehmer E 7-142, den 1.6.1951 I. Teil E 7-142, den 5.2.1952 II. Teil
- L. Kirschning PCM Distorsion Analysis of Clavier, Pantor and Grieg Kst.142, den 7.5.1951
- K. Steffenhagen Der logarithmische Presser Kst.142, den 28.2.1952 I. Teil Kst.142, den 22.8.1952 II. Teil
- K. Steffenhagen Der Impulsverstärker, Berechnungsunterlagen Kst.142, I. Teil, 22.8.1952 Entwicklung eines Labormasters Kst.E4-140, 8.12.1952, II,Teil
- G. v.Lühmann Band Width and Transmission Performance C.E.Feldman, W.R. Bennett Bell System Techn.Journal July 1949 Nr.3 Bd.28
- H. Goering, K. Steffenhagen Frequenzbereiche von Impulsgruppen, ihre Randverzerrungen bei Frequenzabschneidungen sowie Ermittlung ihrer Energiespektren E4-140, den 3.2.1953

	Entwicklungsvorhaben Impulskodemodulation	Blatt No 29 A 15563
	F4-55	
25.1.55 Ausgabe:    Tag:    No:		



**POOR ORIGINAL**

Anlagen

- Abb. 1 A 15558 Bl.1
- Abb. 2 Fotos 548913 Sondeseite, Kanalverstärker und Probenentnehmer
- Abb. 3 " 549328 Kodungsgestell
- Abb. 4 a/b " 549239 u. 5410392 Koderöhre und Spezialelektroden
- Abb. 5 " 548914 Empfangsseite Entkoder
- Abb. 6 " 548912 Empfangsseite Dehner und Kanalverteiler
- Abb. 7 A 15003 Bl.13 Blockschaltbild der Sondeseite
- Abb. 8 A 15003 Bl.14 Blockschaltbild der Empfangsseite
- Abb. 9 A 15097 Bl.23 Theoretischer Phasengang 1-stufiger Verstärker
- Abb. 10 A 15097 Bl.25 Theoretischer Phasengang eines 5stufigen Verstärkers
- Abb. 11 A 15013 Bl. 7 Dynamikerweiterung bei logarithmischer Amplitudenquantelung
- Abb. 12 A 15073 Bl. 6 Presser und Dehner bei PCM
- Abb. 13 A 15541 Bl. 1 Darstellung von Amplitudenwerten im Dualzahlensystem
- Abb. 14 A 15534 Bl. 1 Schaltbild vom Kodungsgestell
- Abb. 15 A 15534 Bl. 2 Überwachungsgestell
- Abb. 16 SKE 4/26/54 Regenerierung der empfangenden Impulse
- Abb. 17 A 15007 Bl. 5 Entkodungsvorgang bei PCM
- Abb. 18 a Fotos  
Abb. 18 b-c " Impulsgruppen am Ausgang der Sendeseitigen Modulationsanrichtung
- Abb. 19 SK TS 152/53 Vierdrahtbetrieb mit PCM
- Abb. 20 A 15560 Bl. 1 Fernschübertragung mit PCM
- Abb. 21 A 15562 Prinzipschaltbild für elektrische Regelung
- Abb. 22 SKE 14/70/53 Steuer- und Taktimpulse I. Teil
- Abb. 23 SKE 14/67/53 Steuer- und Taktimpulse II. Teil
- Abb. 24 SKE 14/65/53 Synchronisierungsanlage für Kurzschlussbetrieb

<b>VEB</b>		Entwicklungsverhaben	
Impulskodemodulation		Blatt Nr. 37	
1	25.1.65	F4-55	A 15563

**POOR ORIGINAL**

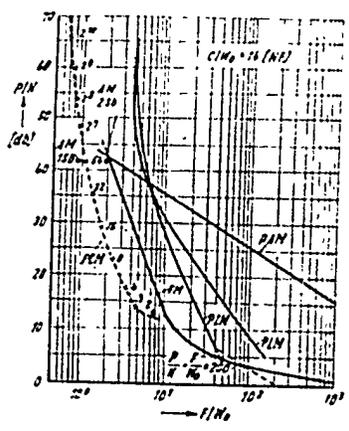
- Abb. 25 SKE 14/108/54 Synchronisierungsanlage für Empfängerseite
- Abb. 26 SKE 14/106/54 Synchronisierungsanlage der Sendeseite. Blockschaltbild
- Abb. 27 SKE 14/107/54 Synchronisierungsanlage der Empfängerseite Blockschaltbild
- Abb. 28a Foto-Montage aus: 549326; 549239; 548914; 548912; 548913; Gesamtaufnahmen der Gestelle aus Sendeseite und Empfängerseite
- Abb. 29a-e Foto-Montage aus: 5410101; 5410104; 5410102; 5410105; Gesamtaufnahme der Gestelle für die Synchronisierung
- 29a/b (5410101) Sendeseite
- 29c/d (5410102) Empfängerseite
- 29e 5410103 Hilfsgestell für technische Messungen

<b>REAT</b> VSB Werk für Fernstudien	Bezeichnung <i>Entwicklungsarbeiten Impulsmodulation</i>	Bezeichnet	Blatt
		Blatt Nr. 32	
1 21.1.55	Nr. F4-55	A 15563	
Angabe Tag			

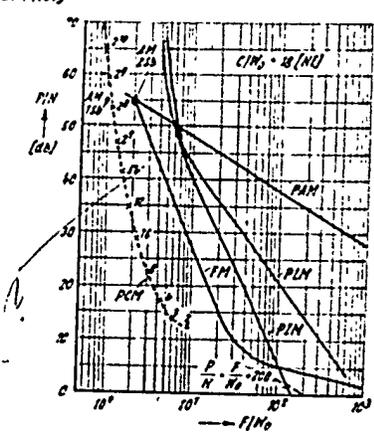
**POOR ORIGINAL**

*Archiv der elektrischen Übertragung (AEU)*

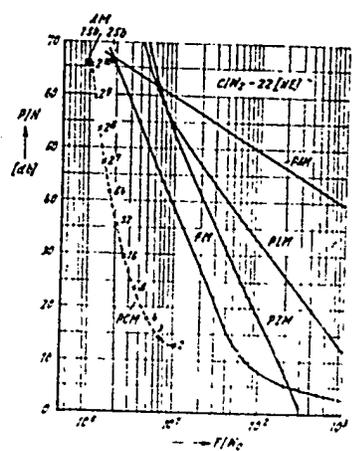
Dezember 1950  
 Band 6 Heft 12  
 nach Pilschy



Frequenzband- und Rauschabstandsbedarf bei konstanter Kanalkapazität  $C/N_0 = 16$



Frequenzband- und Rauschabstandsbedarf bei konstanter Kanalkapazität  $C/N_0 = 18$



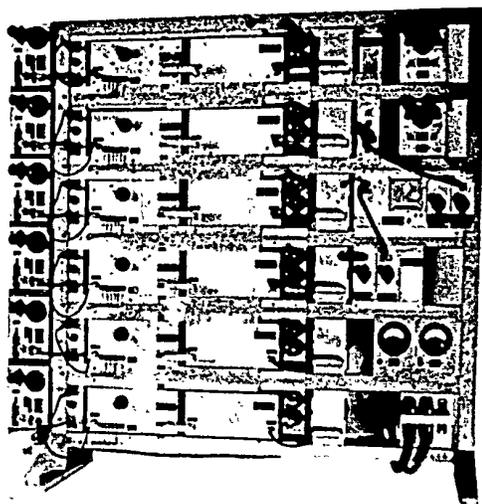
Frequenzband- und Rauschabstandsbedarf bei konstanter Kanalkapazität  $C/N_0 = 22$

Abb. 1

Dabei bedeutet AM-1sb und AM-2sb Einsseitenband- bzw. Zweiseitenband-Amplitudenmodulation, PCM - Impuls-Code-Modulation, FM - Frequenzmodulation, PLM - Impuls-Längenmodulation, PAM - Impuls-Amplitudenmodulation

HF	E4	Frequenzband- und Rauschabstandsbedarf	Satz 9.9.6-73
			A 15558 Bl.7

**POOR ORIGINAL**



548915

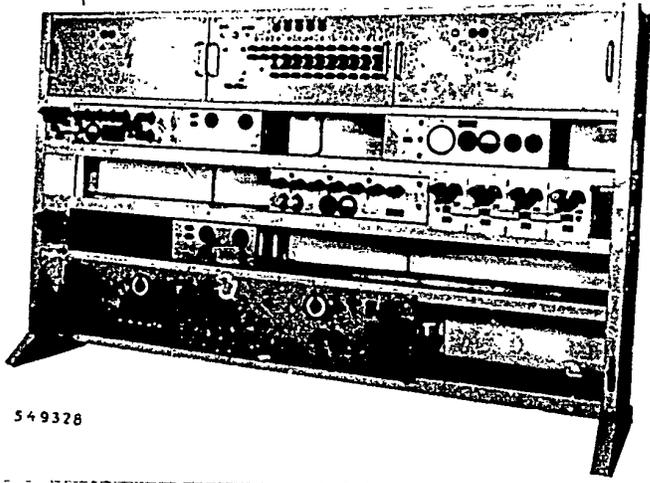
*Niederfrequenter Teil der Sendeseite mit Probenentnehmer*

*Abb. 2*

548915

<b>VEB</b> VEB Werk für Fernmeldemaschinen	Bezeichnung <i>Impulskodemodulation</i>	Einheitsmaß E. 011
1 1.3.55 Anzeige Tag Name	Nr. <i>FA-55</i>	Blatt Nr. <i>33</i> <i>A 15563</i>

**POOR ORIGINAL**



549328

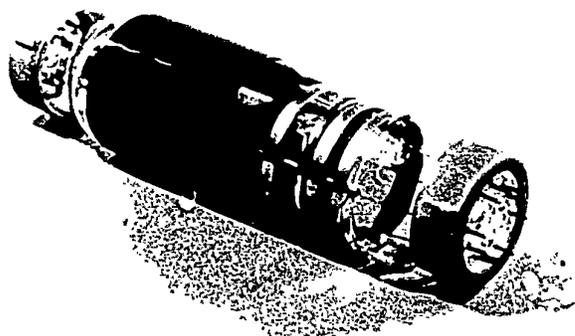
*Kodungseinrichtung der Sendeseite*

*Abb.3*

549328

 VEB Werk für Fernmeldemaschinen	Benennung	Impuls kodemodulation	Entwickl. Inst.	St. Nr.
	1 Ausgabe Tag Name	Nr.	F4-55	

**POOR ORIGINAL**



5-10392

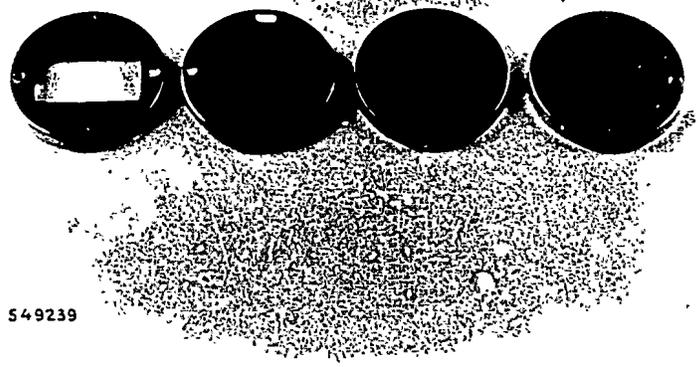
*Impulskoderöhre und Spezialelektroden*

*Abb. 4a*

5-10392

<b>RFE</b> VSB Werte für Fernsprechanlage	Impulskodemodulation	
1 1 55 <i>Fl</i>	FL-55	A 15563
Abt. 40		

**POOR ORIGINAL**



549239

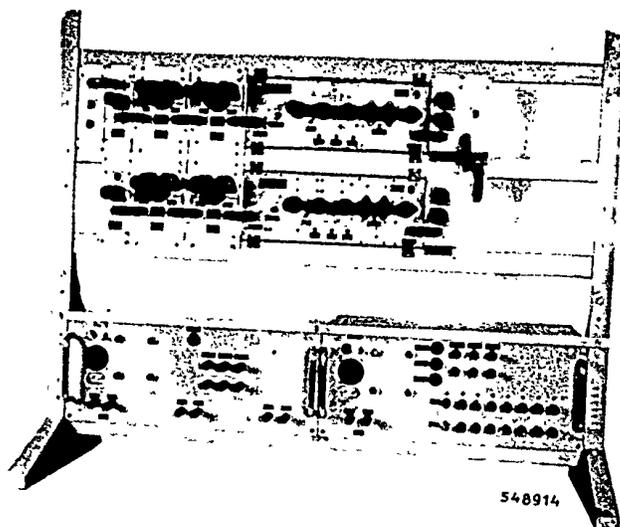
*Impulskoderöhre und Spezialelektroden*

*Abb. 4b*

549239

<b>RFT</b> <small>VER. WERKZUG FÜR DIE CHEMIE</small>	<i>Impulskodermodulation</i>	<small>1 1 35</small>
<small>7</small> <i>1 1 35</i> <i>AK</i>	<i>74-55</i>	<i>A 15563</i>

**POOR ORIGINAL**



548914

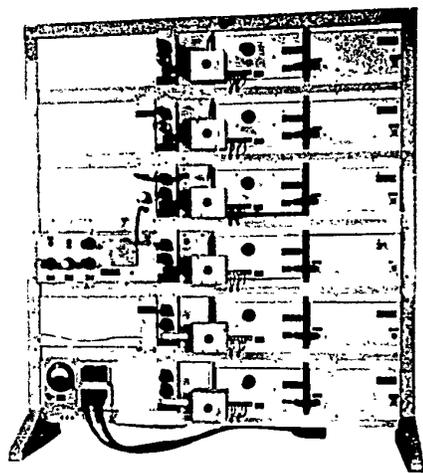
*Entkodungseinrichtung*

*Abb. 5*

548916

<b>RFT</b> VSB Werk für Fernmeldetechnik 1 1.3.55 Ausgabe 100	Benennung	Impulskodemodulation	Erstellt von	Bogen
	Nr.	F4-55	Blatt Nr.	37
			A 15563	

**POOR ORIGINAL**



548912

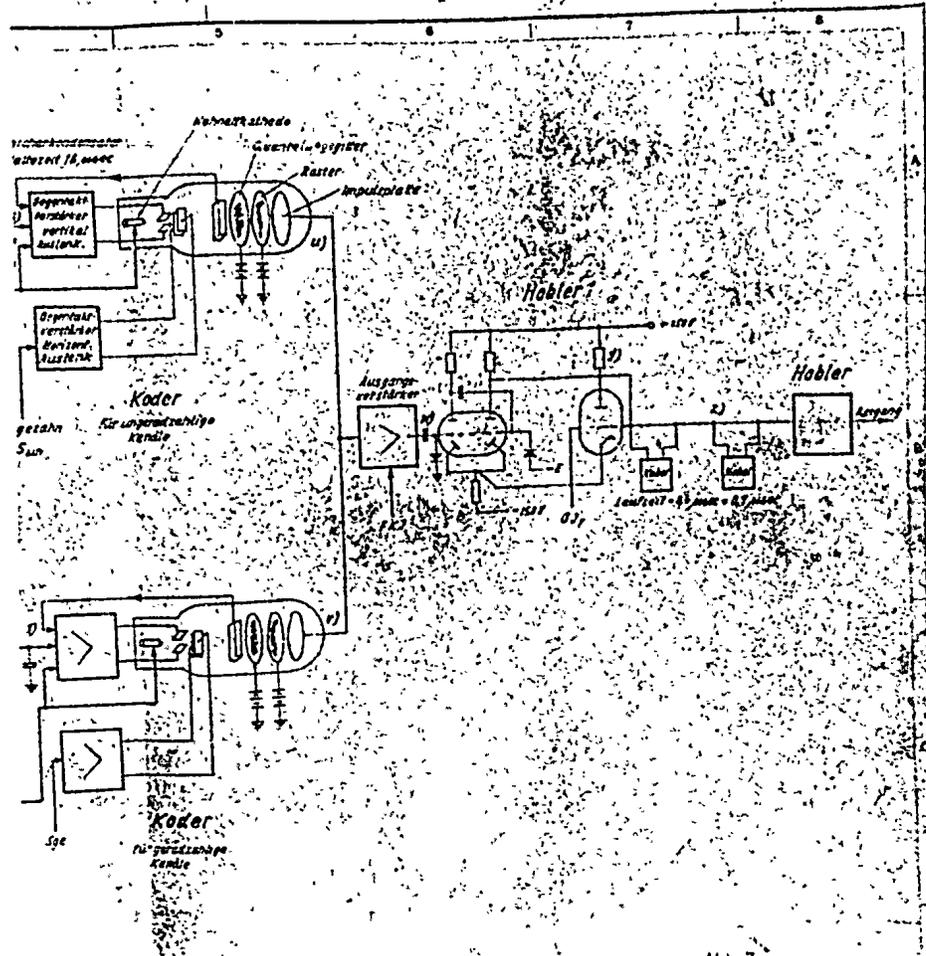
*Niederfrequenter Teil der Empfangseinrichtung*

*Abb. 6*

548912

<b>RFT</b> <small>VEB Werk für Fernstudien</small>	<small>Typ</small>	<i>Impulsmodemodulation</i>	<small>Einheit</small>	<small>Pos.</small>
	<small>1</small>	<small>7355</small>	<small>F4-55</small>	<small>38</small>
<small>Abgabe</small>	<small>Top</small>	<small>Name</small>	<small>A 15563</small>	

**POOR ORIGINAL**

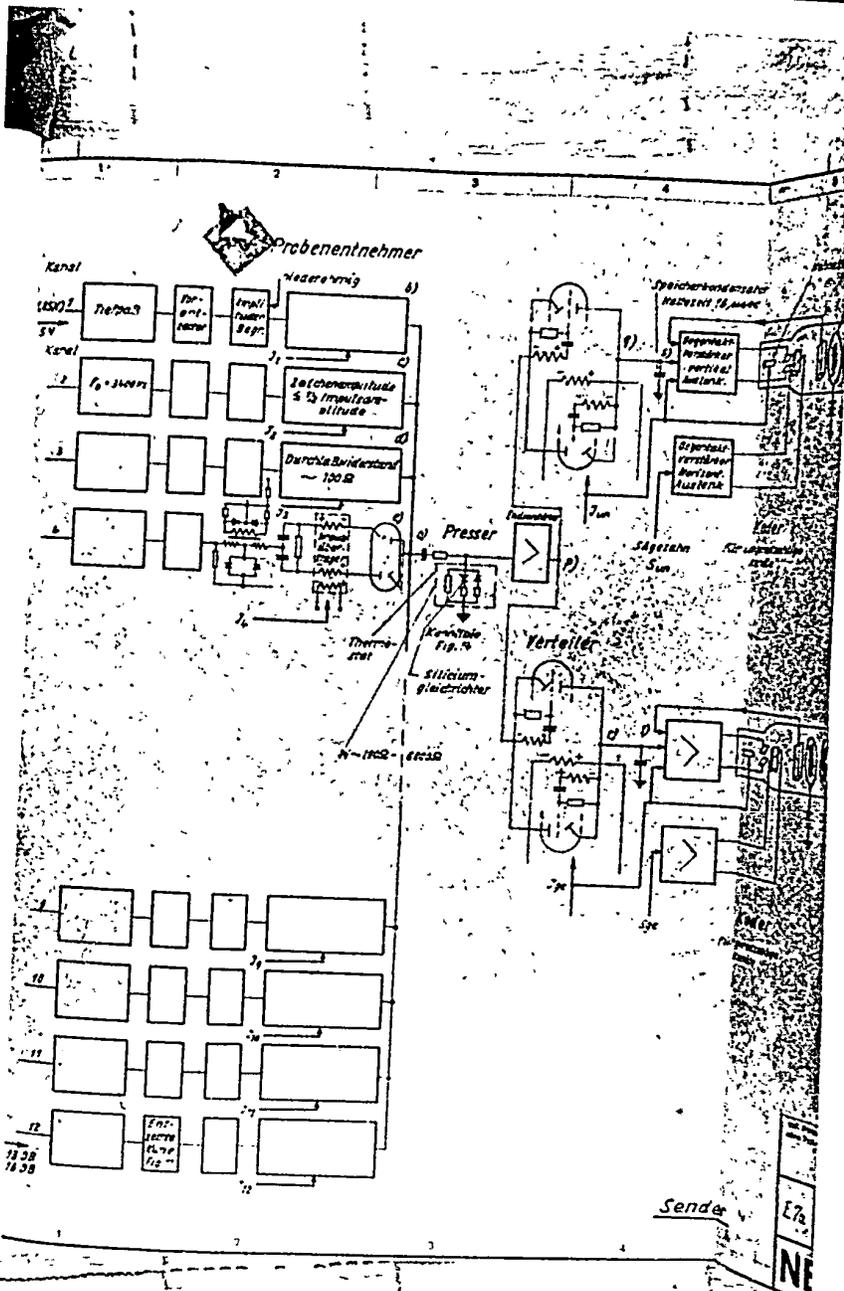


1 Gruppe von 12 Kanälen Abb. 7

NEF	PCM-System nach Meacham u. Peterson				A 15003, Bl. 13				

Sender

POOR ORIGINAL



**POOR ORIGINAL**

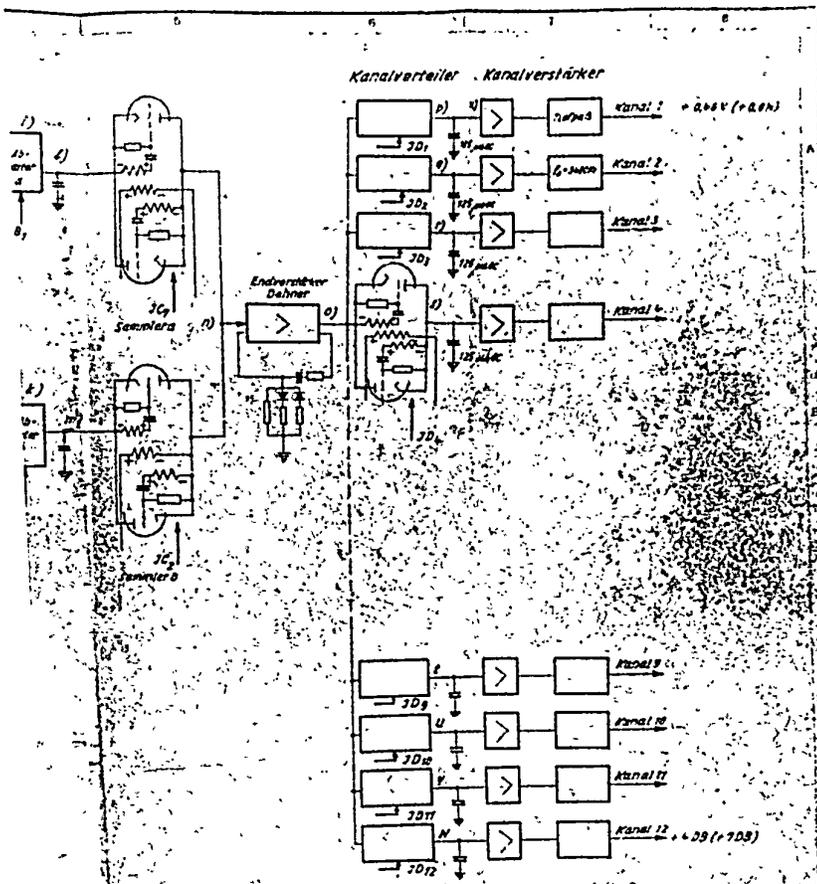
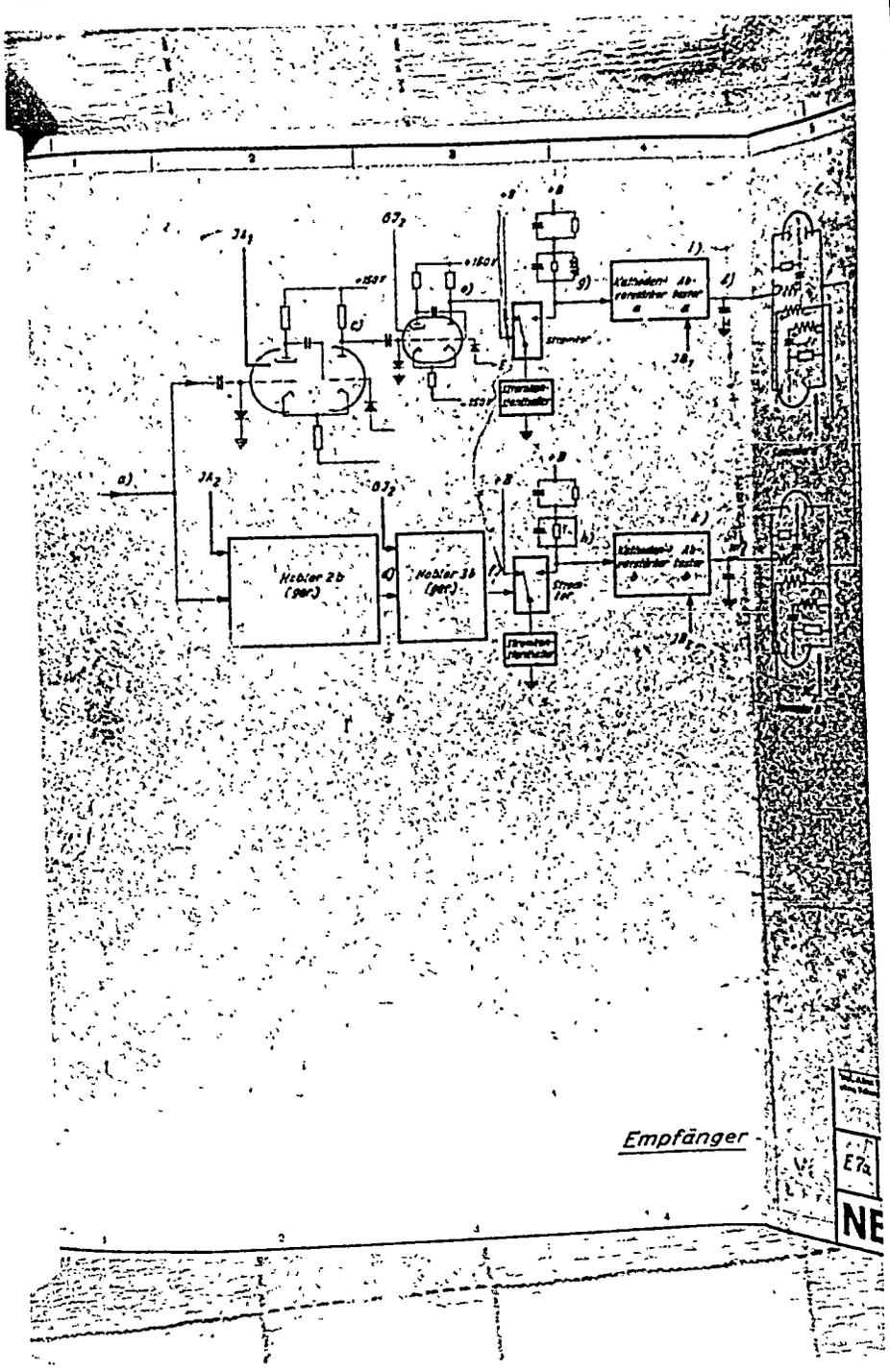


Abb 8

Entwicklungs- und Fertigungsdaten		Technische Daten		Wirtschaftliche Daten	
Proj. Nr.	Rev.	Typ	Name	Typ	Name
NEF			PCM-System		A 15003, Bl. 14
nach Meacham u. Peterson					

**POOR ORIGINAL**



*Empfänger*

**POOR ORIGINAL**

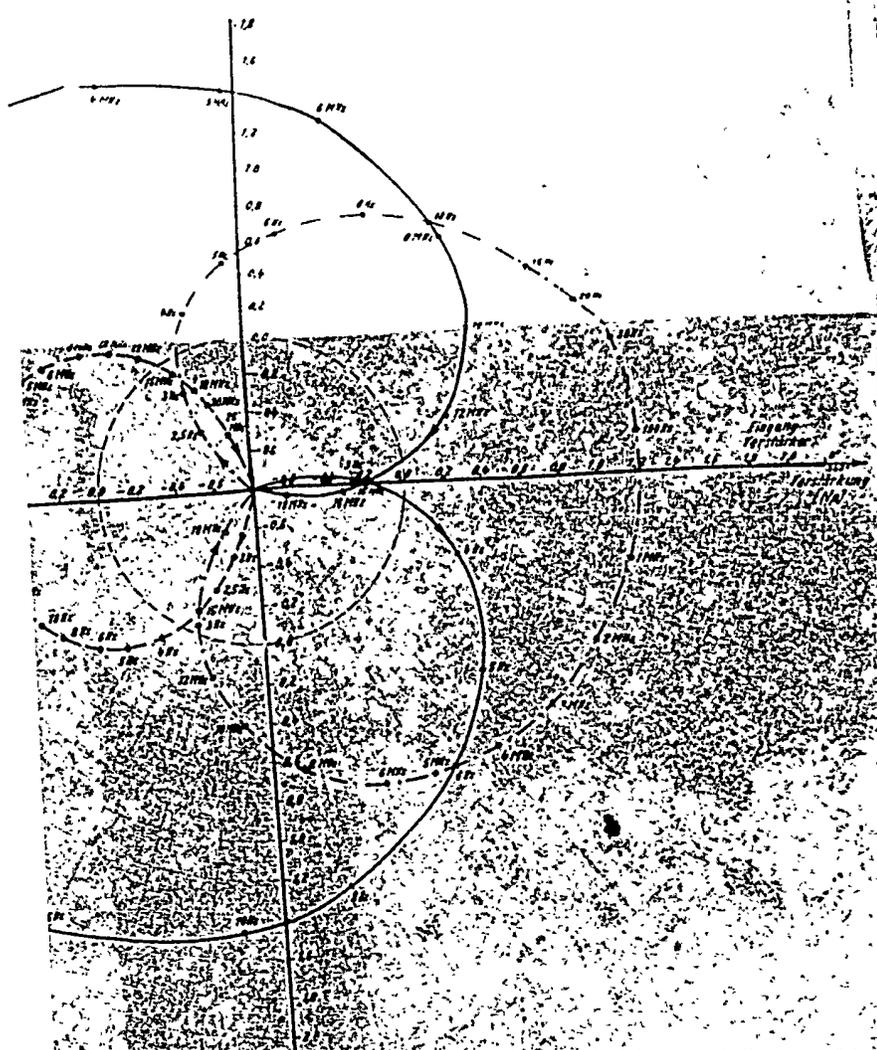


Abb 9

1952	7/10	1/10
1952	7/10	1/10
1952	7/10	1/10
1952	7/10	1/10

*Theoretischer Phasengang  
eines RC-Verstärkers  
ohne Gegenkopplung*

A 15097, Bl. 23 (E1)

**HP** E4

POOR ORIGINAL

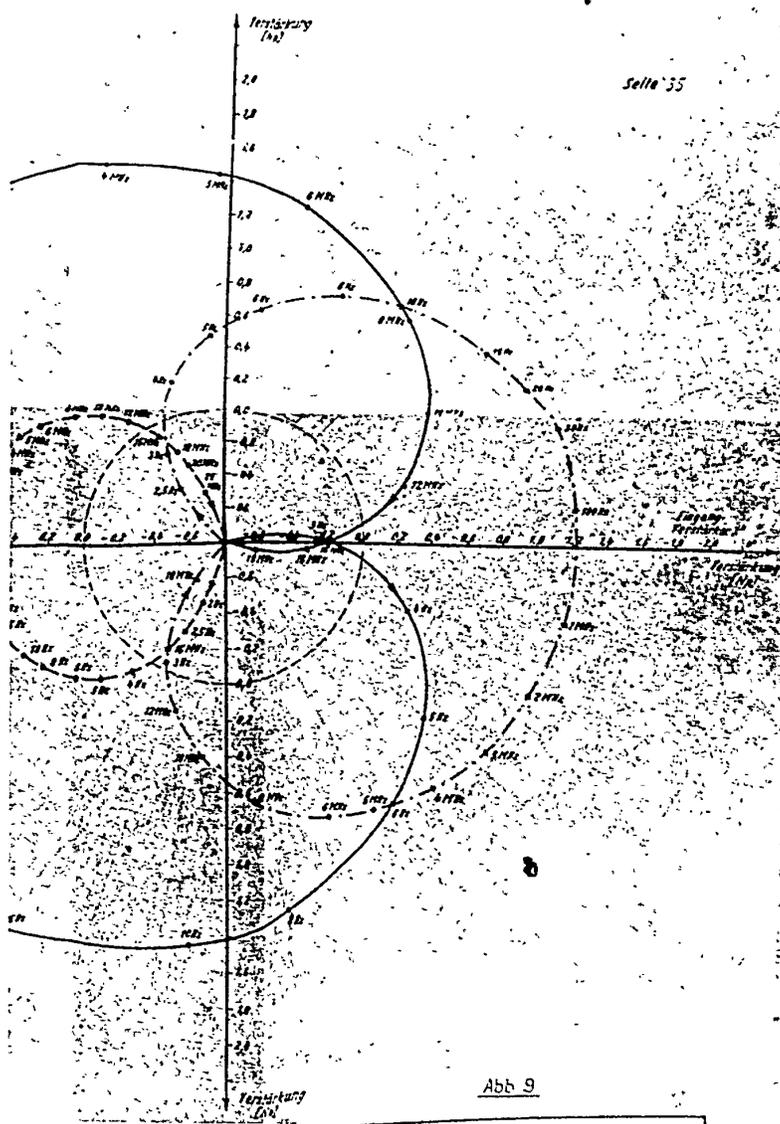
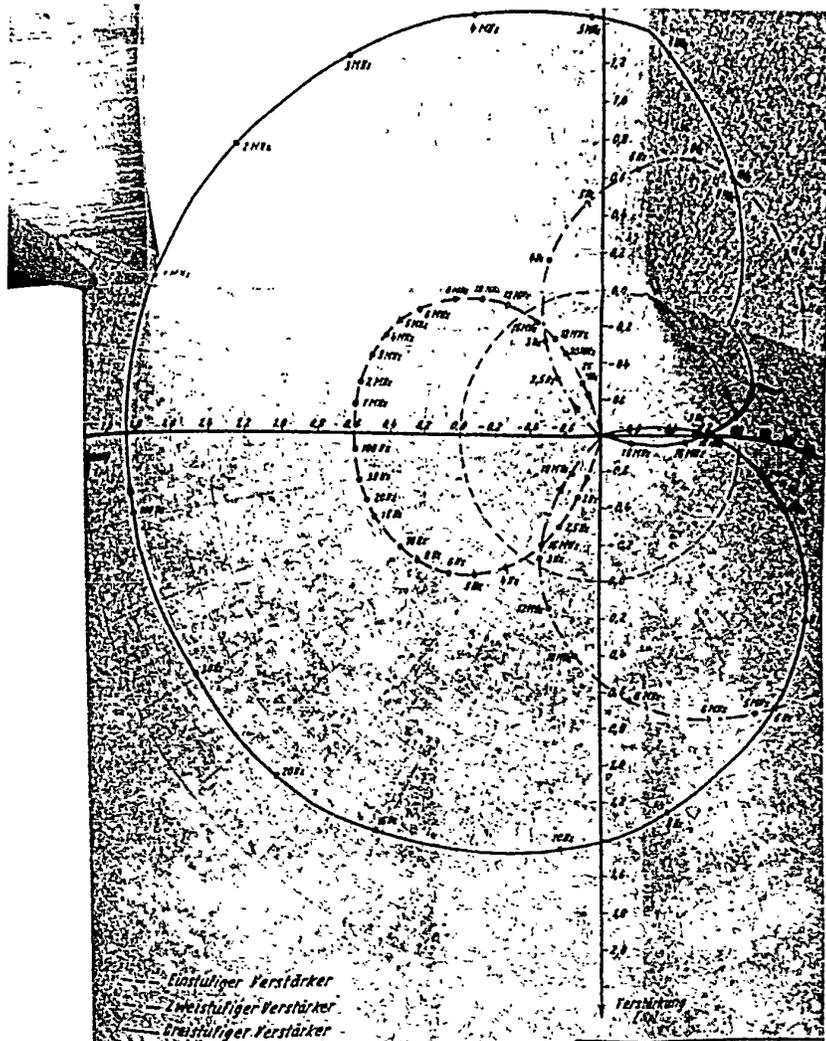


Abb 9

**POOR ORIGINAL**



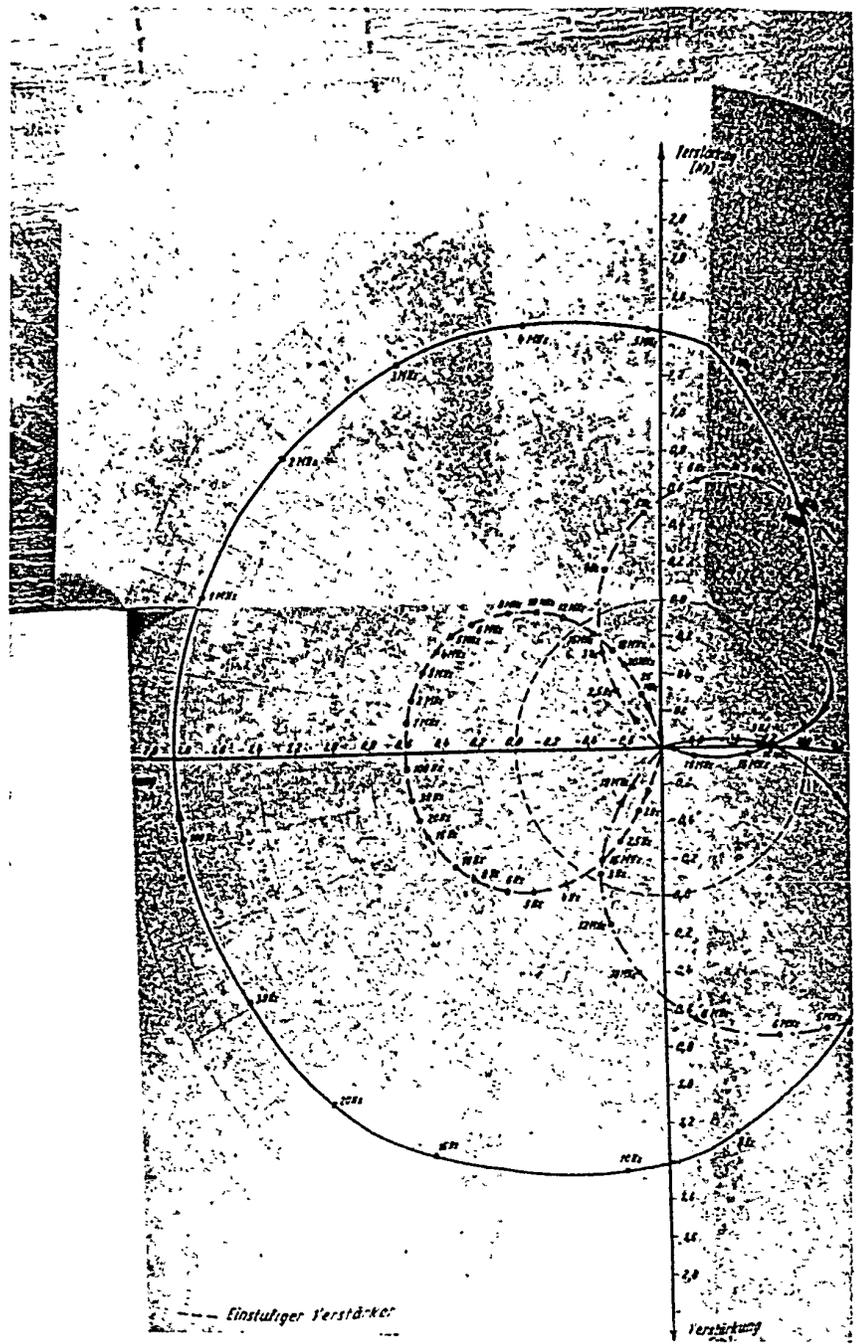
— Einstufiger Verstärker  
 — Zweistufiger Verstärker  
 — Dreistufiger Verstärker

1952	Tag	Name	
1952	12.12	Thomson	
1952	12.12	Thomson	

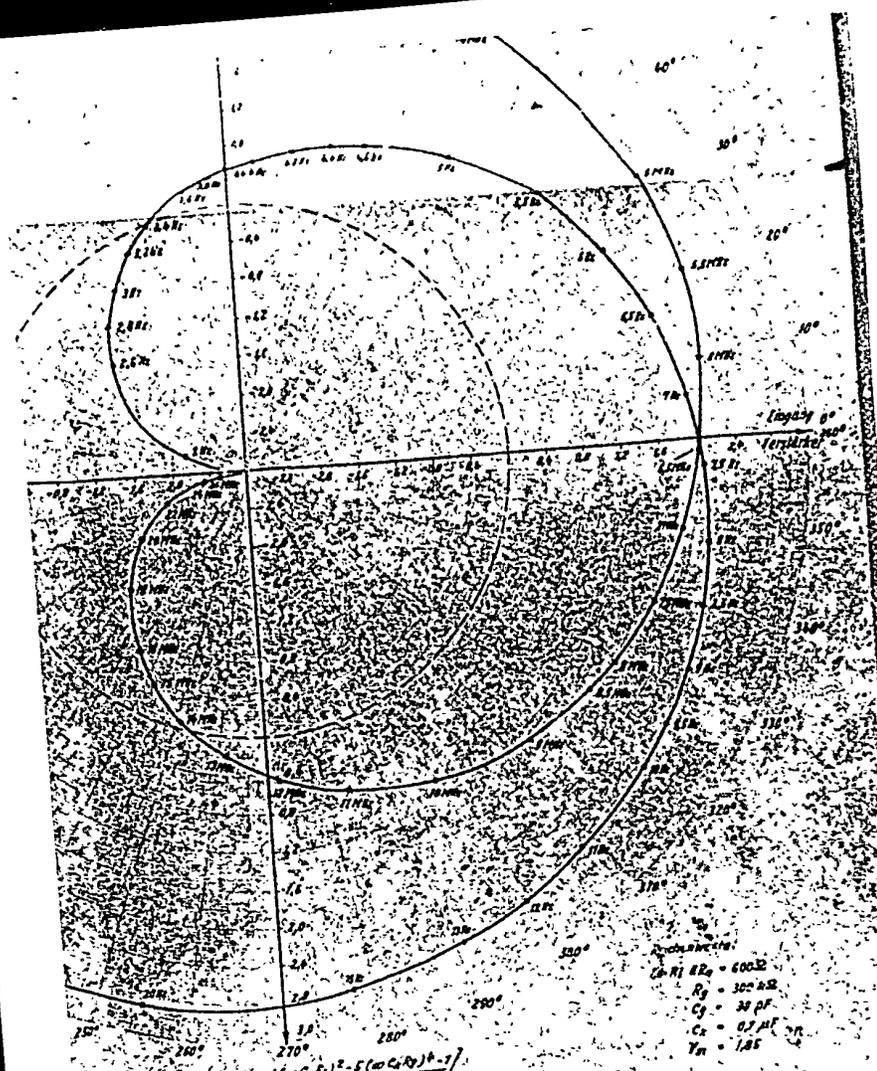
Theon  
 ohne  
 ohne



**POOR ORIGINAL**



**POOR ORIGINAL**



Parameter values:  
 $C_1 R_1 = R_2 = 600 \Omega$   
 $R_3 = 300 \Omega$   
 $C_4 = 30 \mu F$   
 $C_5 = 0.7 \mu F$   
 $T_n = 1,85$

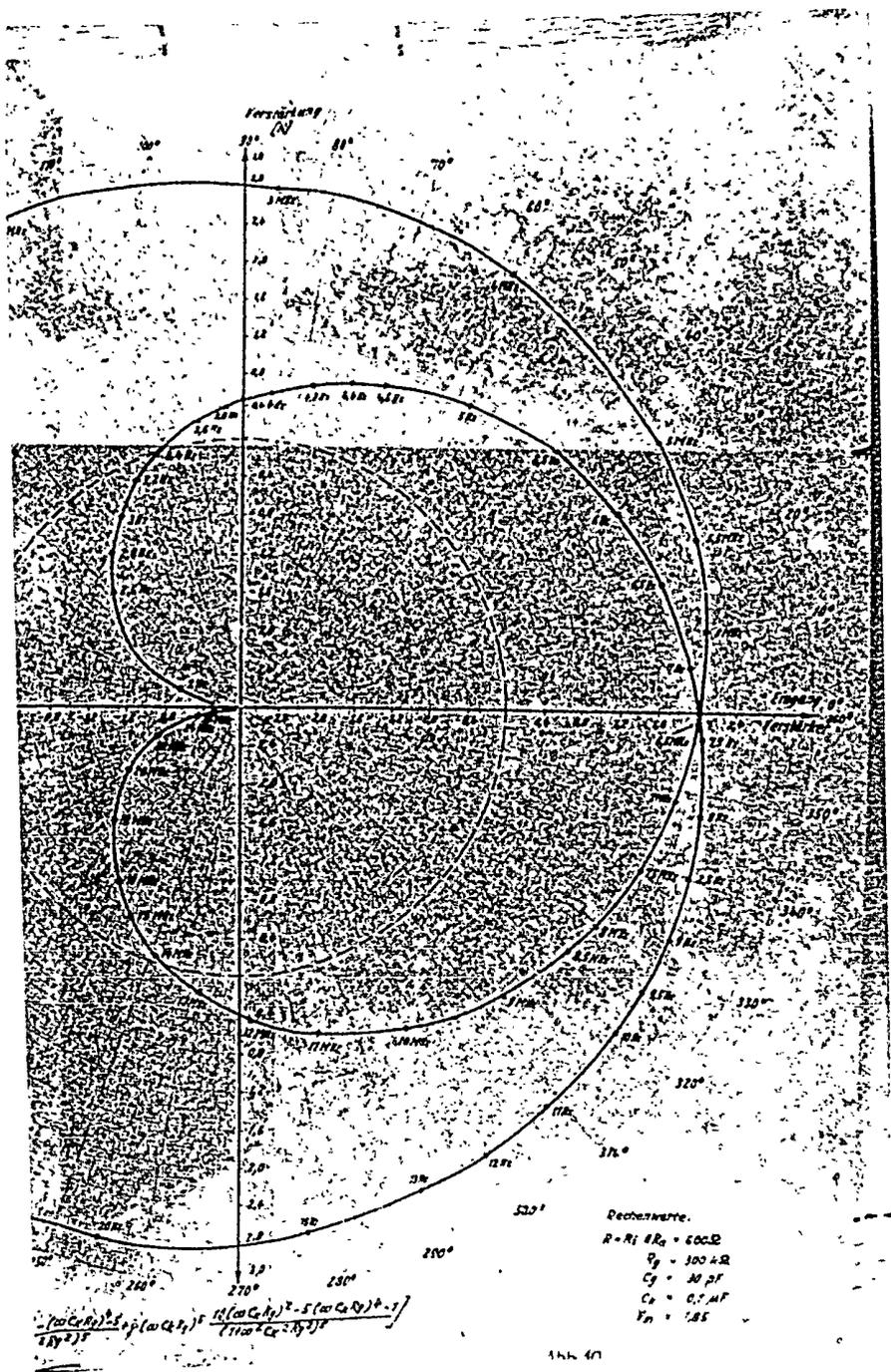
$$|H(j\omega)|^2 = \frac{1}{(1 + \omega^2 C_1^2 R_1^2)^2 (1 + \omega^2 C_2^2 R_2^2)^2 (1 + \omega^2 C_3^2 R_3^2)^2 (1 + \omega^2 C_4^2 R_4^2)^2 (1 + \omega^2 C_5^2 R_5^2)^2}$$

$$\angle H(j\omega) = -2 \arctan(\omega C_1 R_1) - 2 \arctan(\omega C_2 R_2) - 2 \arctan(\omega C_3 R_3) - 2 \arctan(\omega C_4 R_4) - 2 \arctan(\omega C_5 R_5)$$

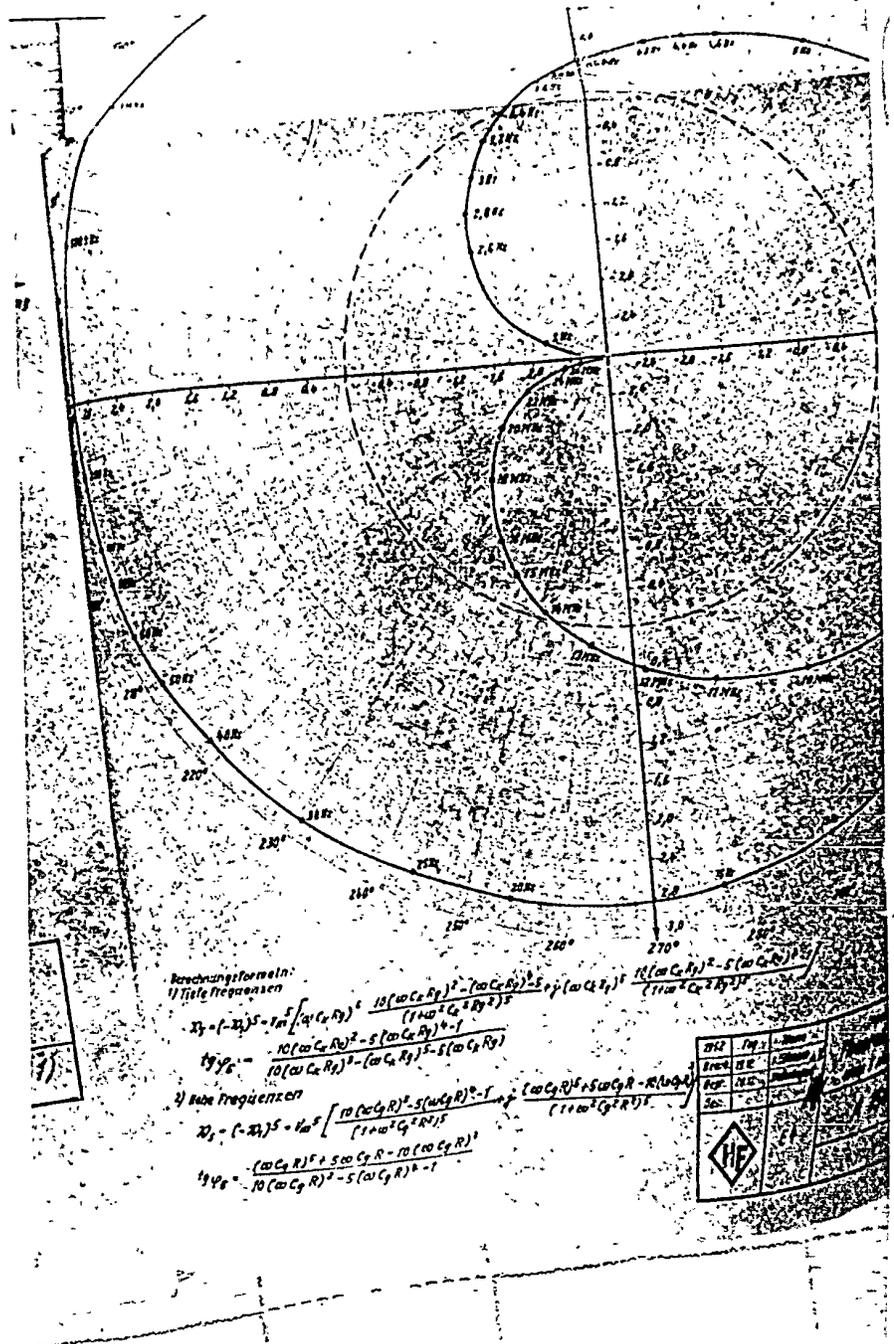
Abb. 10

1952	194	Name	Impulsdemodulation <b>Theoretischer Phasengang</b> eines 5-stufigen RC-Verstärkers A 15097, Bl. 25 (E1)
1949	1912	Erstellt von	
1949	1912	Geprüft von	
501		Stempel	
		E 4	

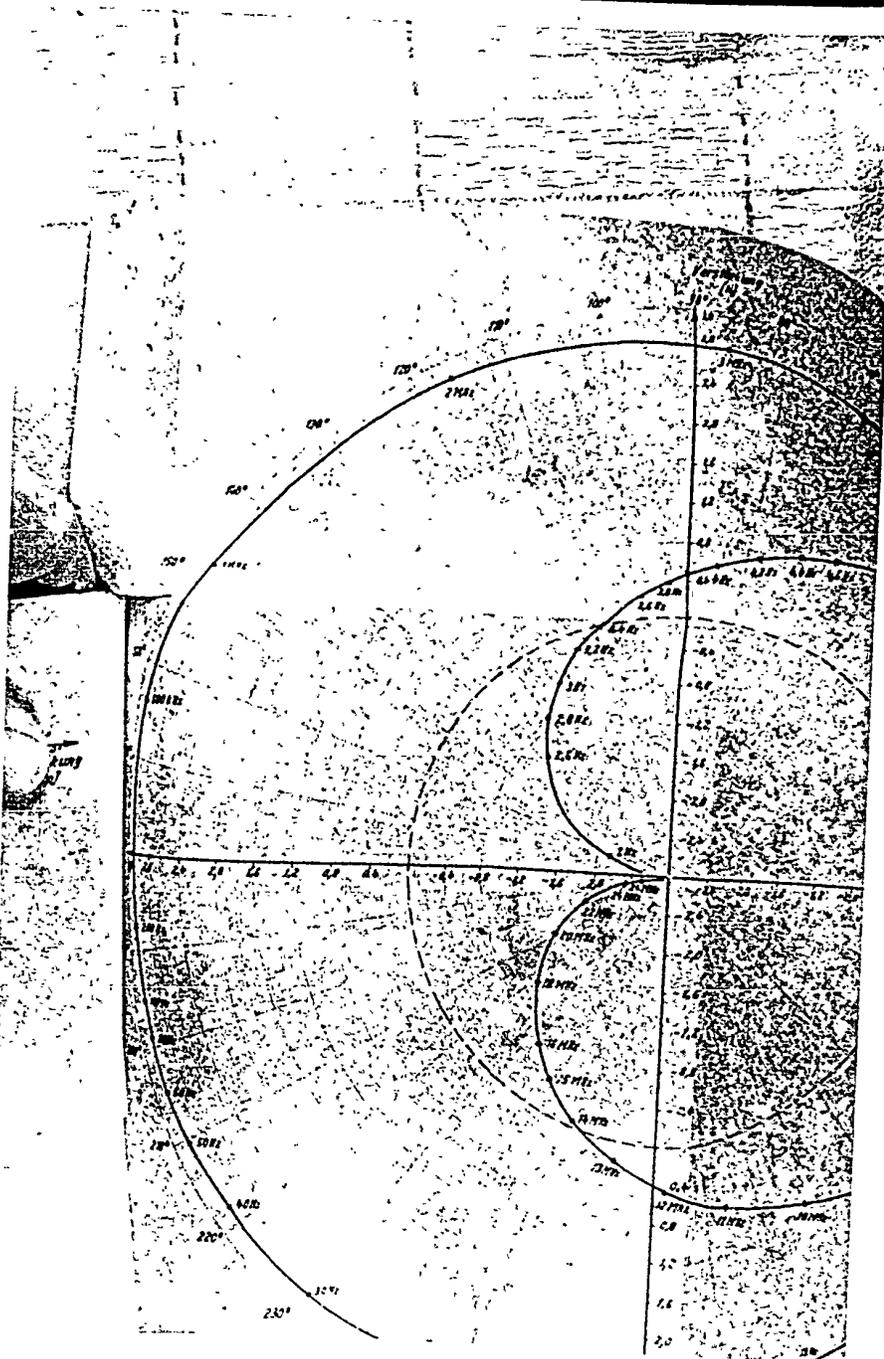
**POOR ORIGINAL**



**POOR ORIGINAL**



**POOR ORIGINAL**



**POOR ORIGINAL**

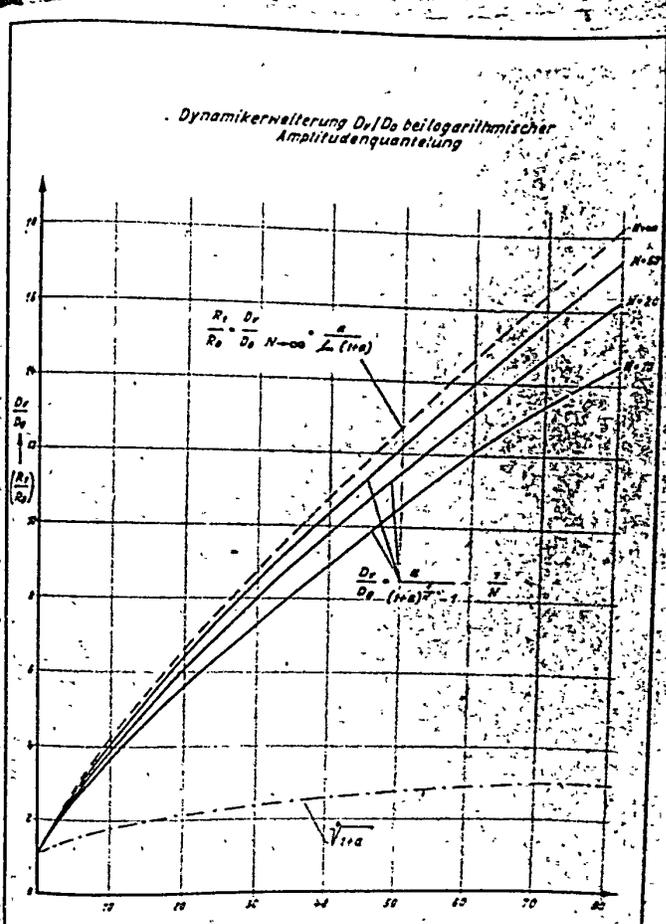


Abb. 11

A 15013, Bl. 7

<b>NEF</b> E7	Dynamikerweiterung $D_r/D_0$ bei logarithmischer Amplitudenquantelung	Zeich. Nr. 15013 Blatt Nr. 7
		<b>A 15013, Bl. 7</b>

**POOR ORIGINAL**

Seite 15

11  
12.53  
12.53

$\frac{e \cdot 10^{-9}}{a}$   
= Stilkurve  
 $\alpha = 2$   
= Isilkurve

Ursprung  
Rückverwandell  
vom Ursprungsinus  
mit Fehler 1%  
(f = 8 - 300 kHz)

Pressung  
Fehler vom Sollwert 1%  
(f = 8 - 300 kHz)

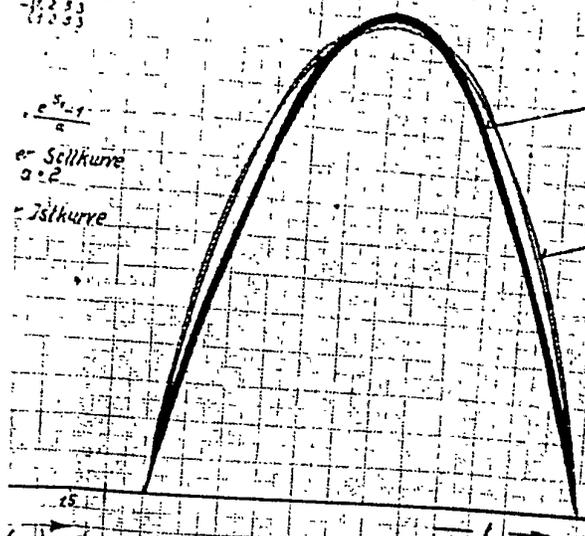


Abb 12

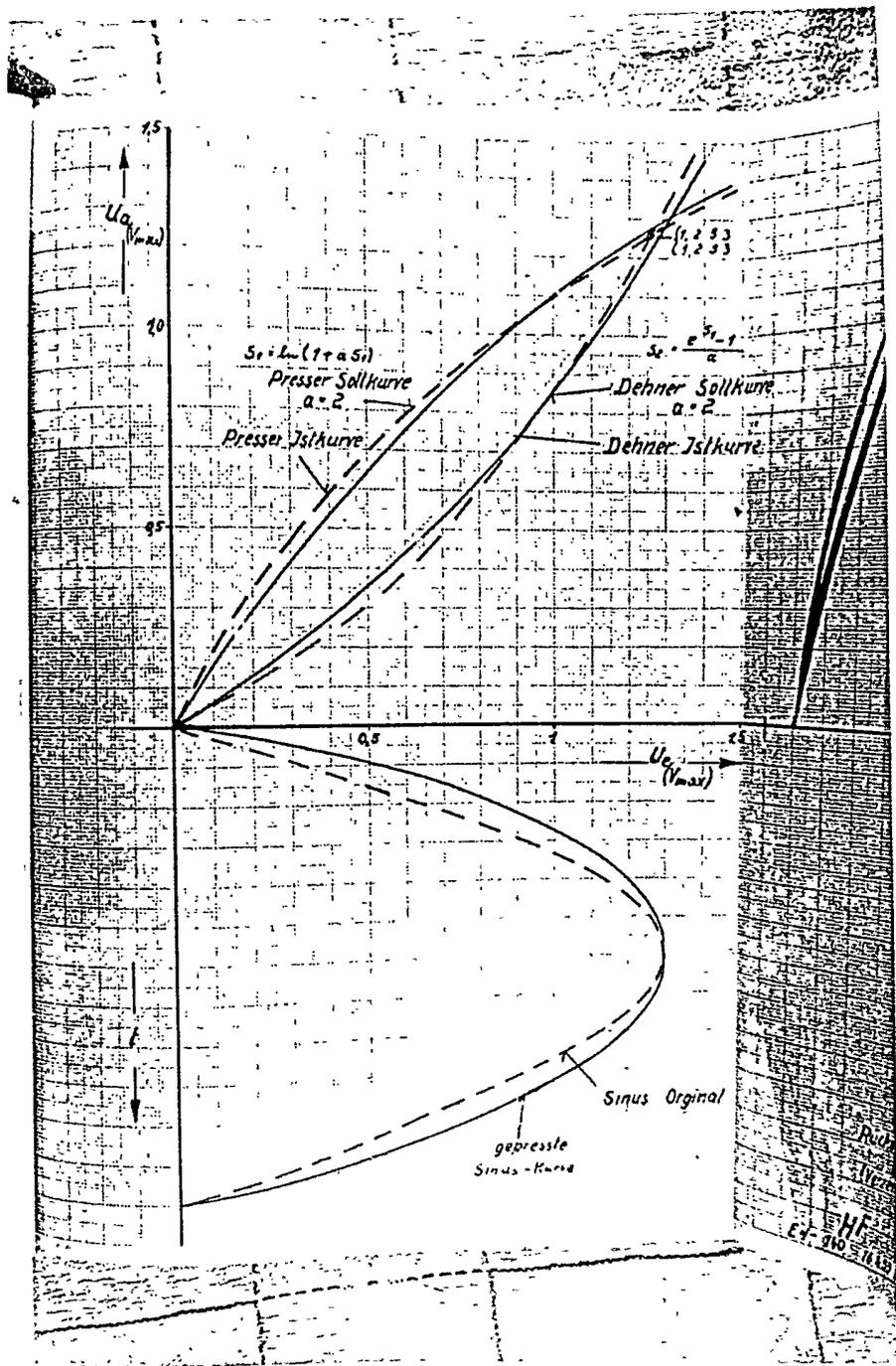
Presser und Dehner (PCM)

Rückverwandlung von 70kHz - 320kHz Sinusschwingungen  
(Verzerrungsfaktor  $\alpha = 2$ ) durch Presser und Dehner

HF  
E 4 - 160 16.133 Amstel

**A15073 Bl. 6**

**POOR ORIGINAL**



**POOR ORIGINAL**

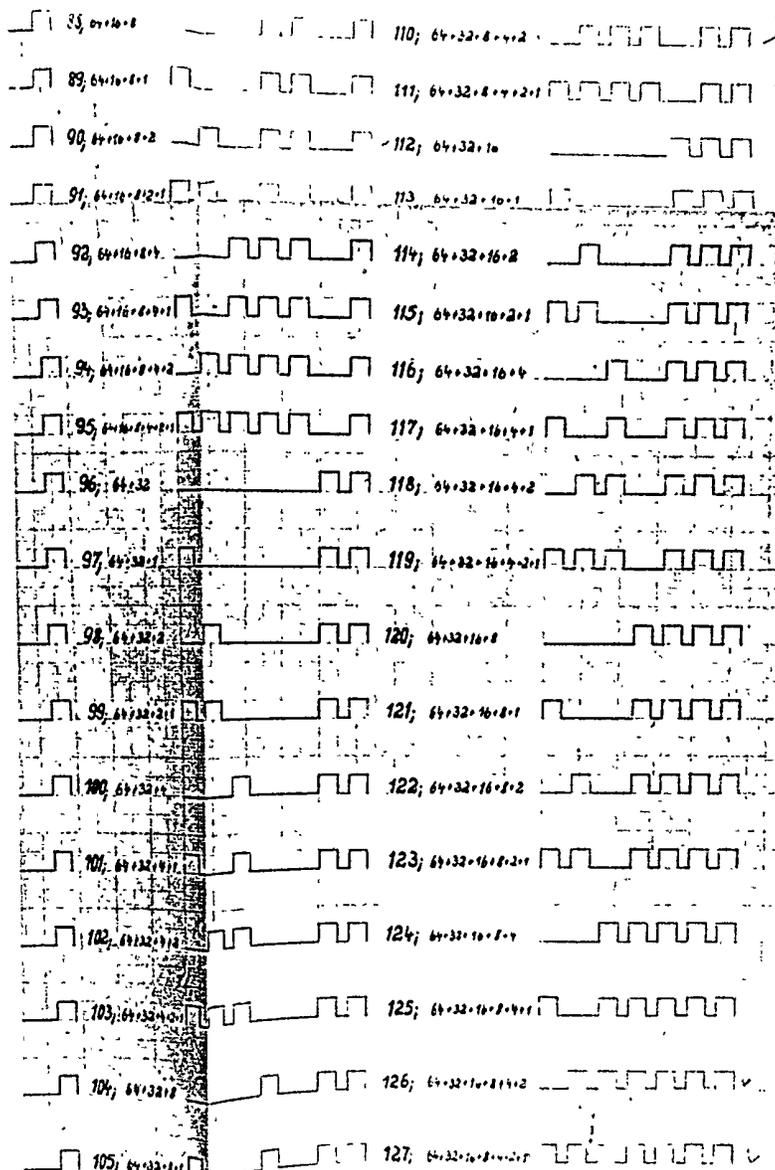
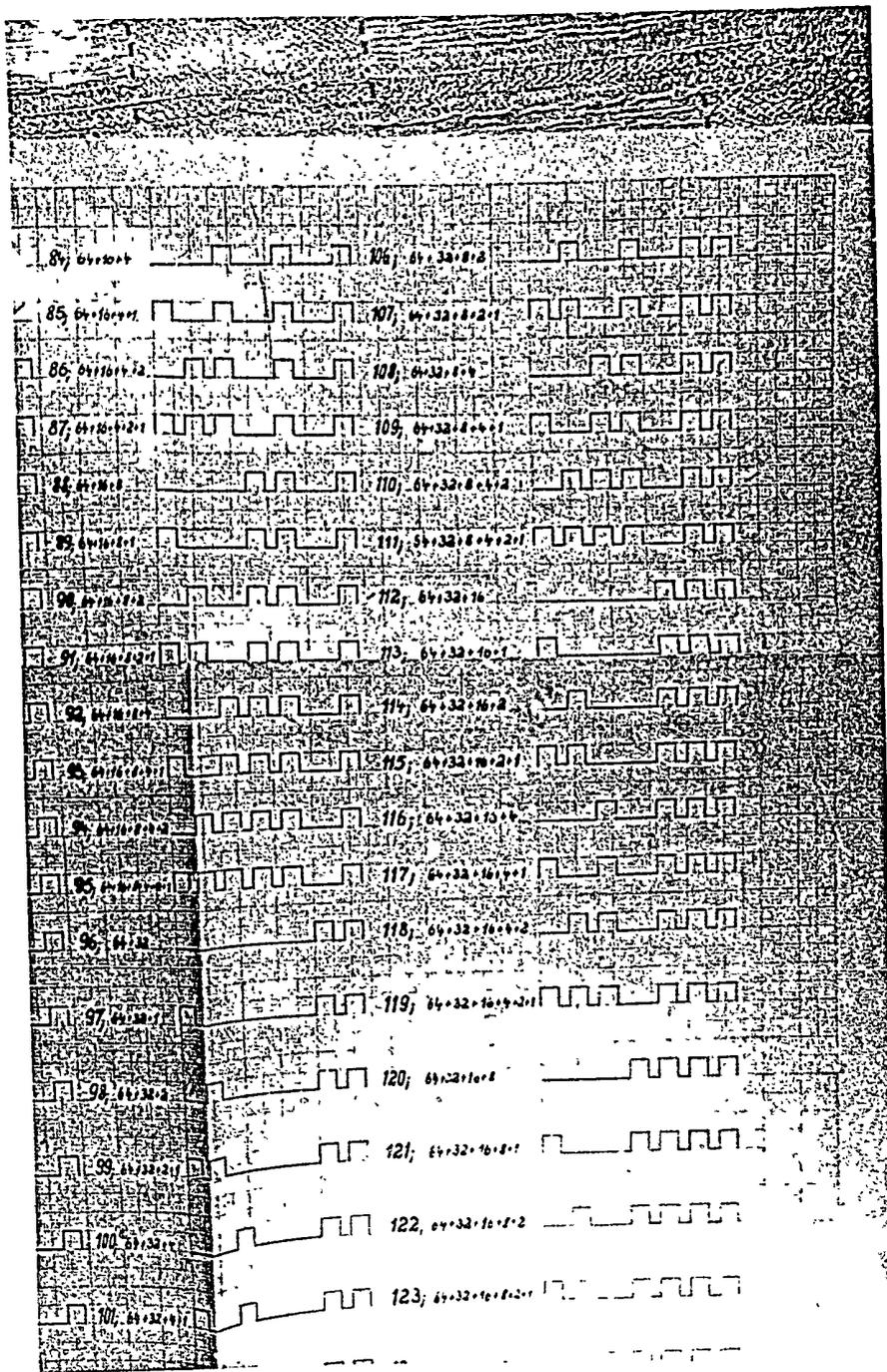


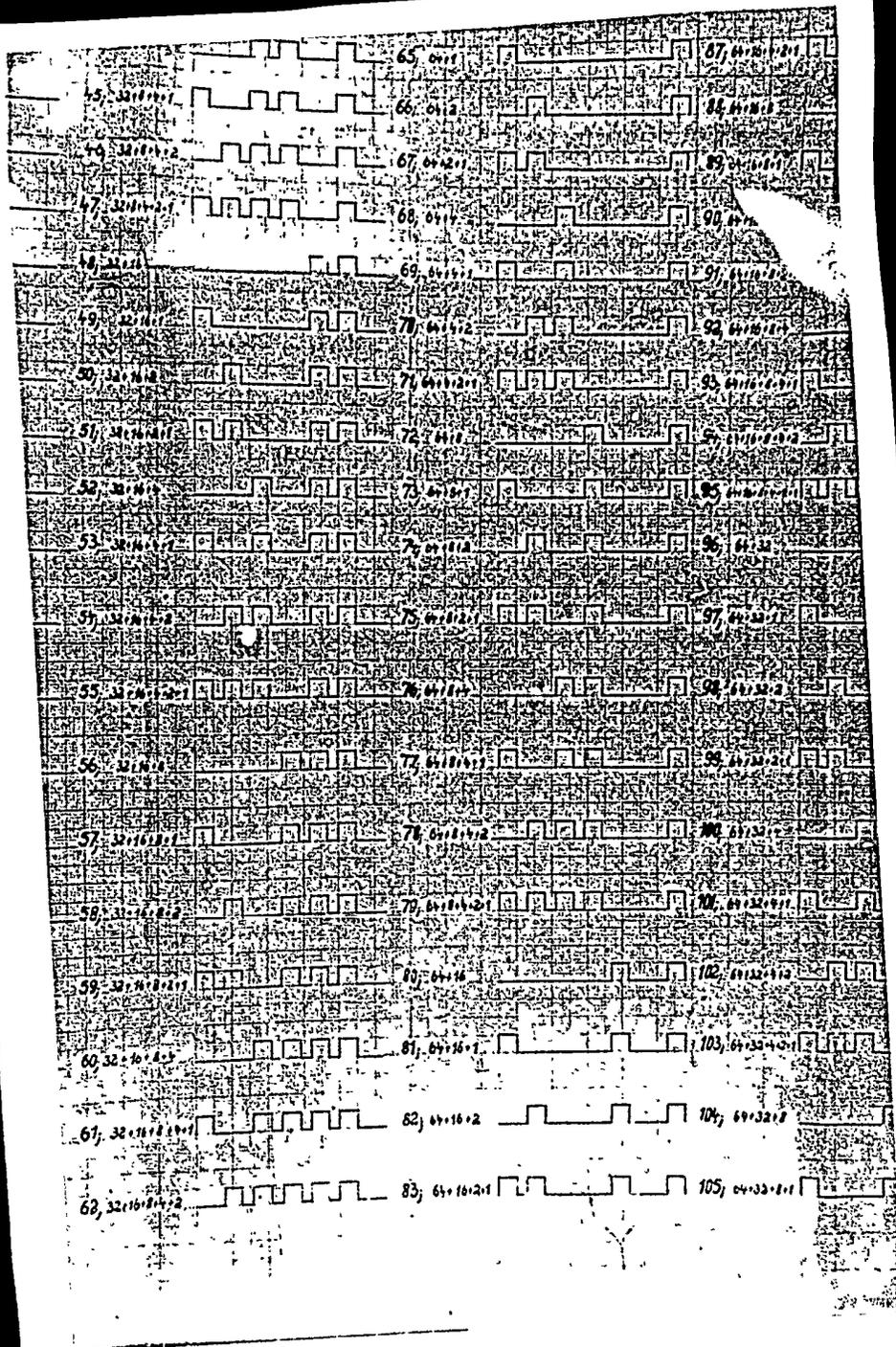
Abb 13

A 15541 B 1 19 12 53 11/12

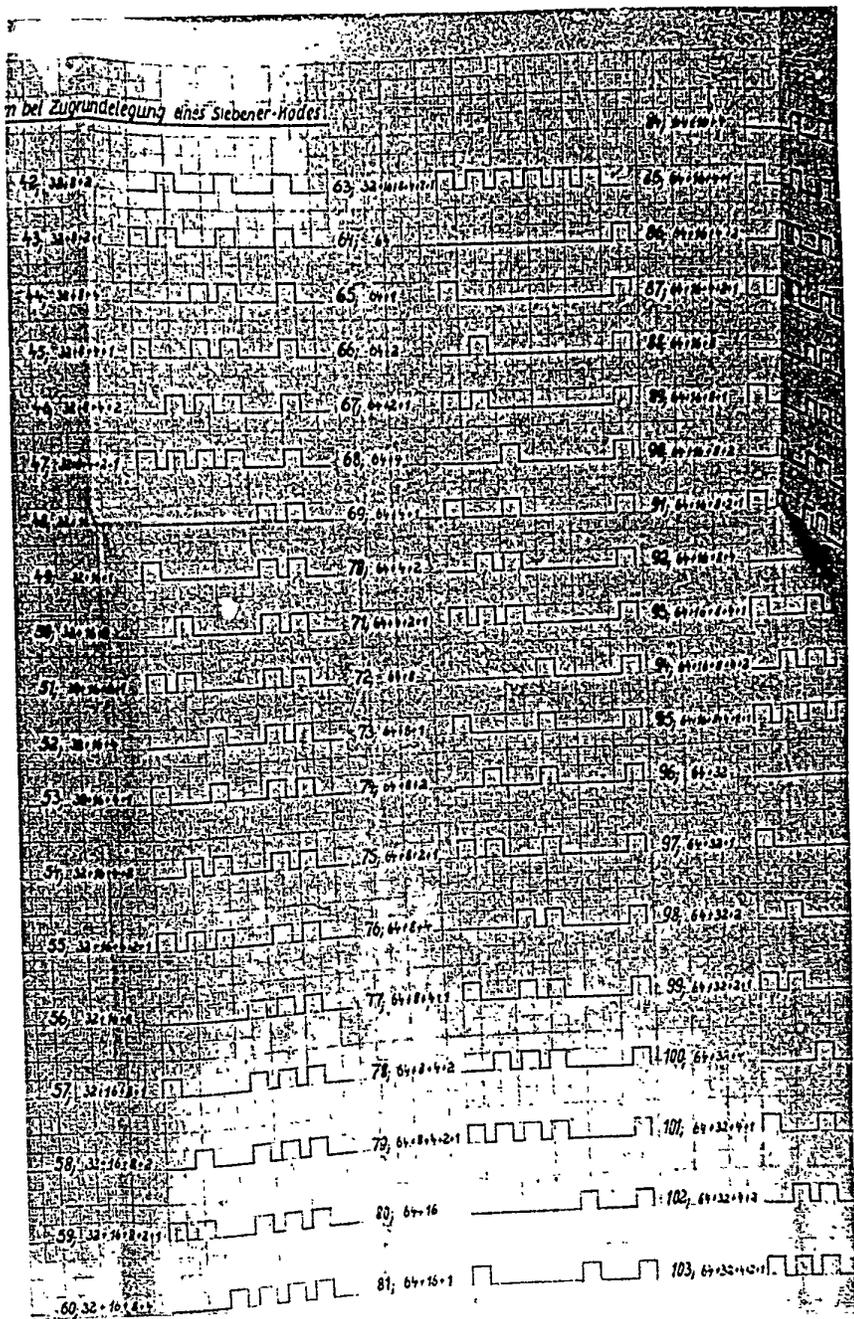
POOR ORIGINAL



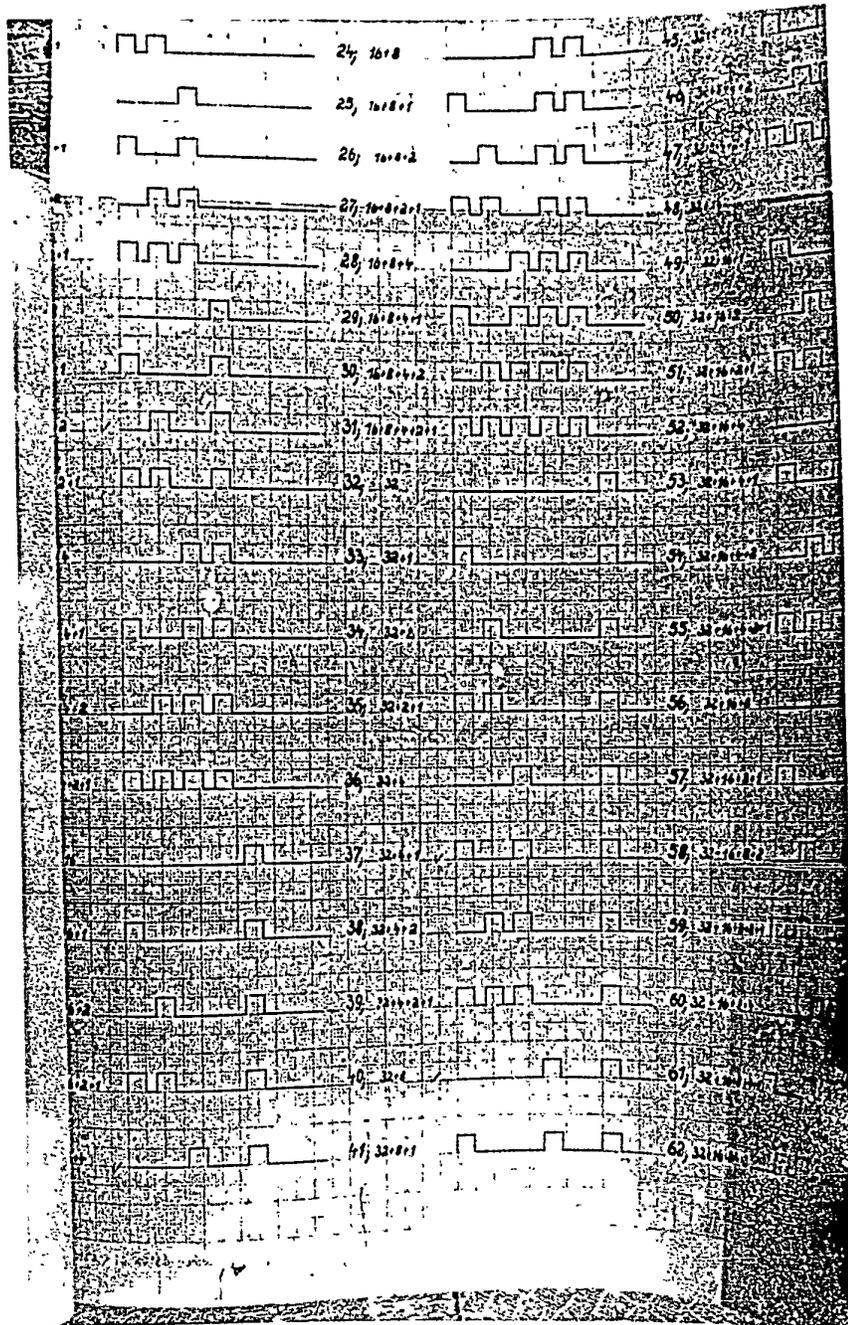
**POOR ORIGINAL**



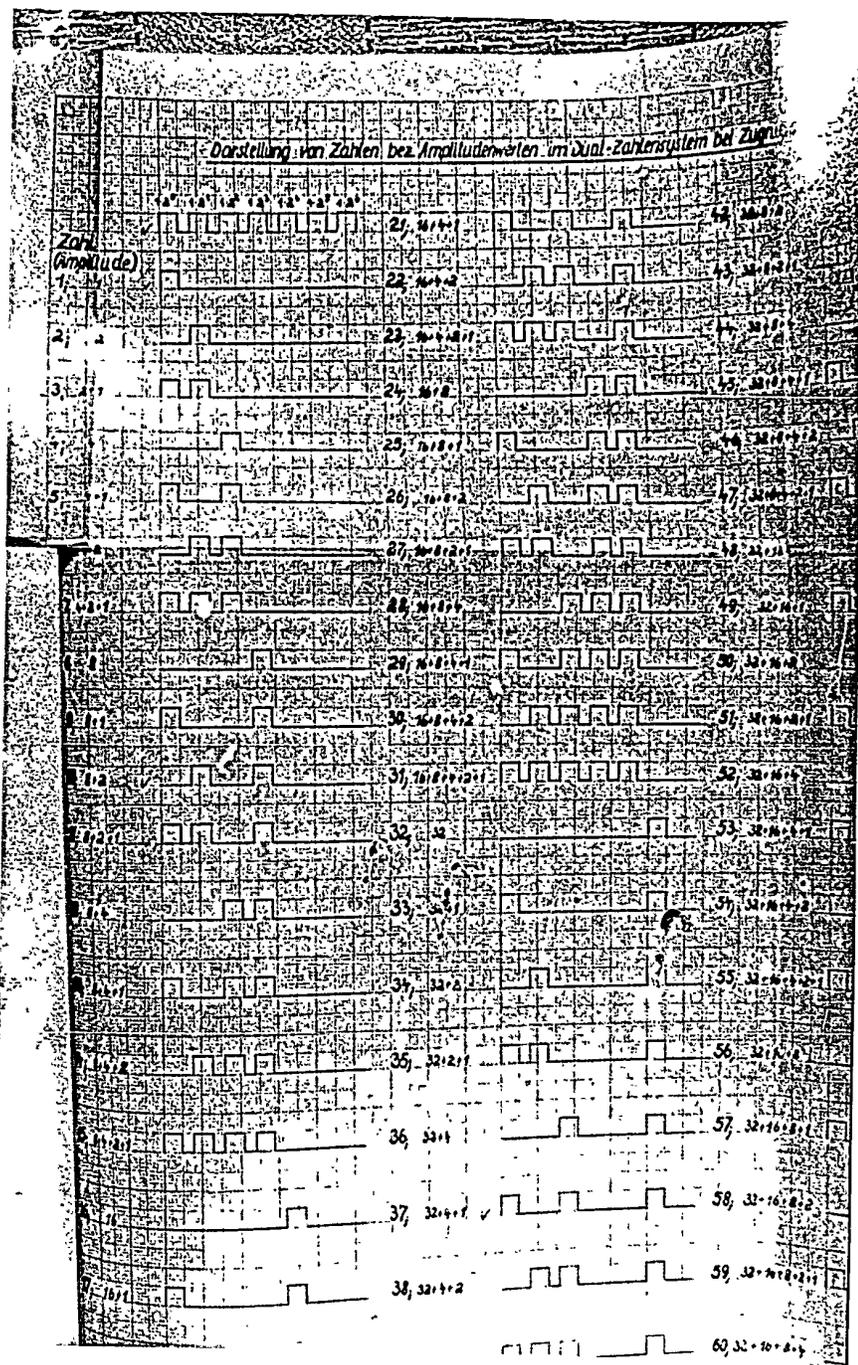
**POOR ORIGINAL**



**POOR ORIGINAL**

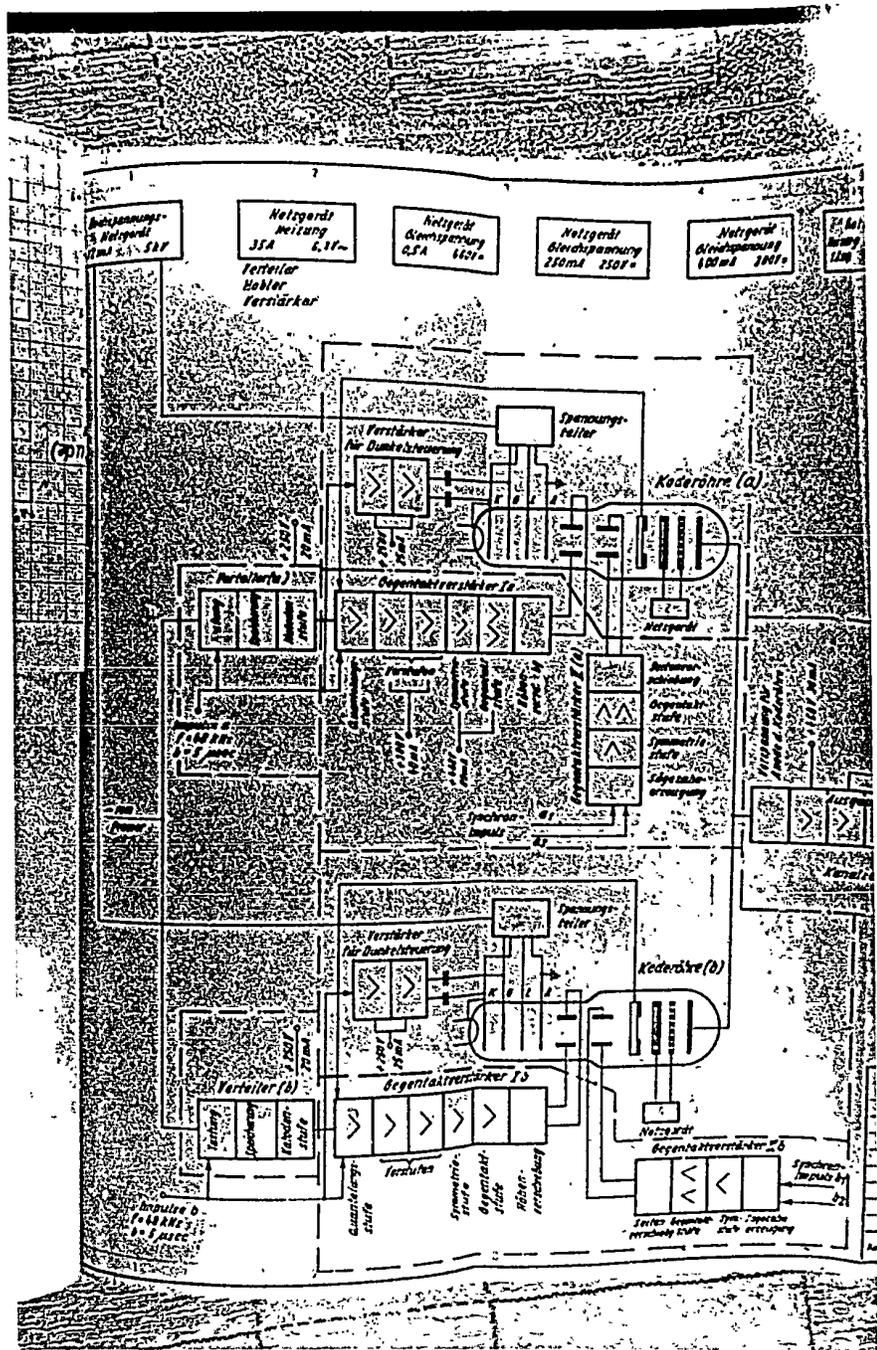


**POOR ORIGINAL**





**POOR ORIGINAL**



**POOR ORIGINAL**

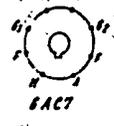
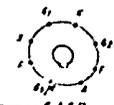
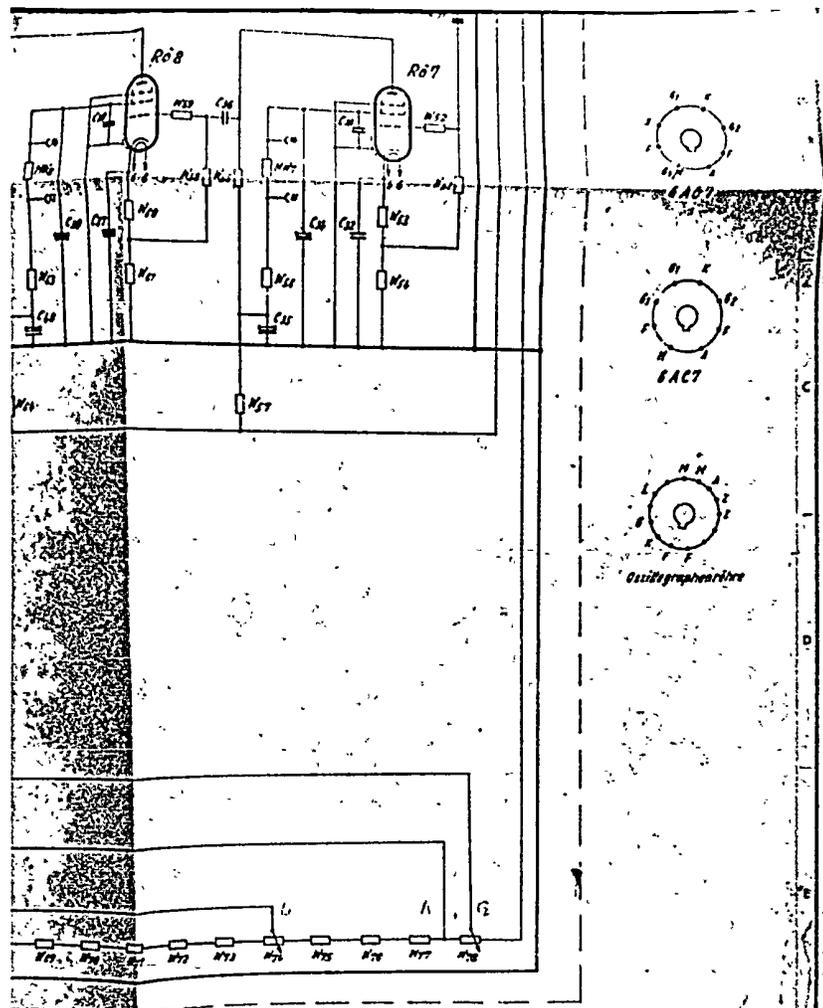


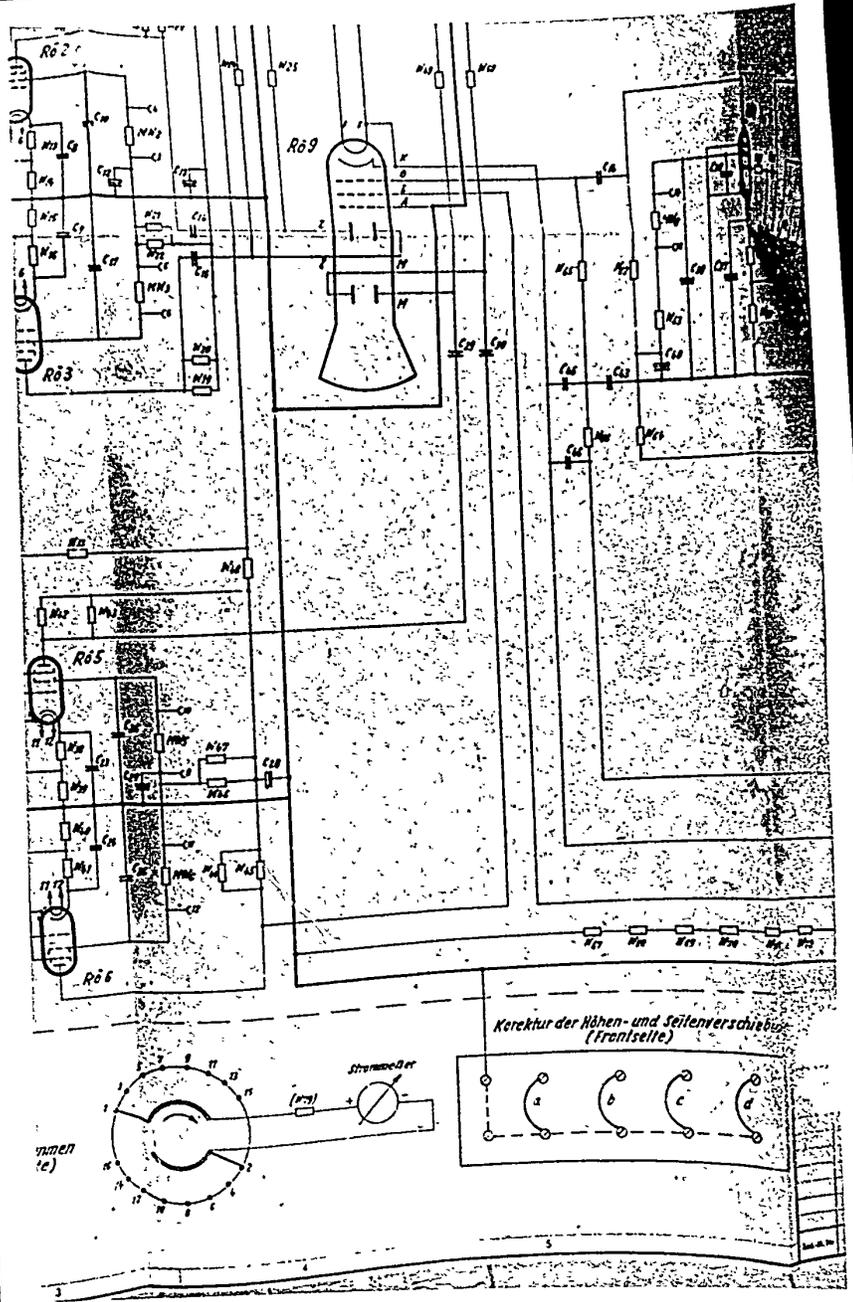
Abb. 15

Seitenverschiebung (c)

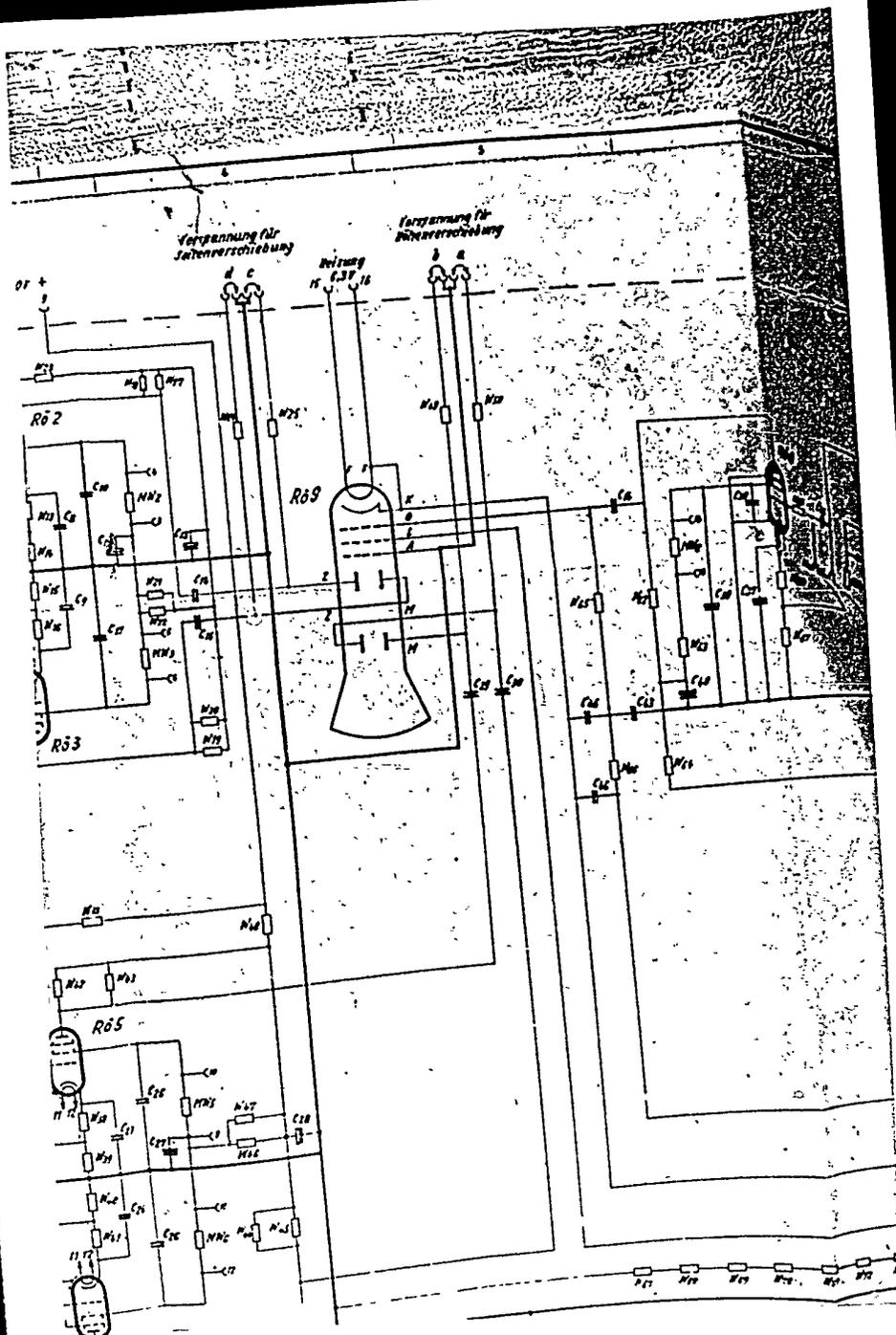
Merkmal, Maße		Bezeichnung Wert	
19 22	1mm	Bezeichnung	PCM
22 27	1mm	Bezeichnung	Bestell der Koderöhre
27 31	1mm	Bezeichnung	Überwachungseinrichtung
E4		Zeichnungs-Nr.	A 15534 Bl. 2
HF		Prob. 1	
		2. Prob. 2	



**POOR ORIGINAL**

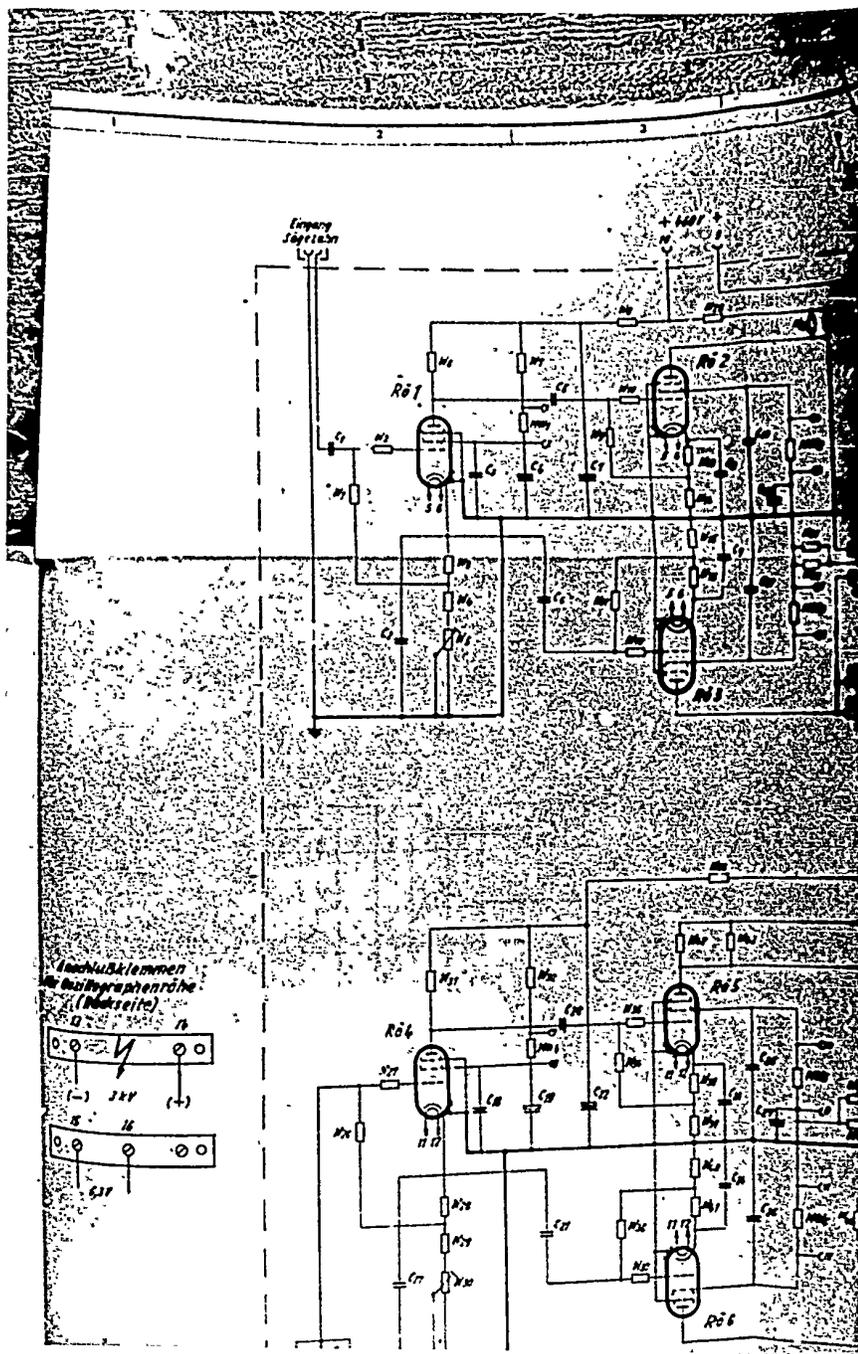


# POOR ORIGINAL

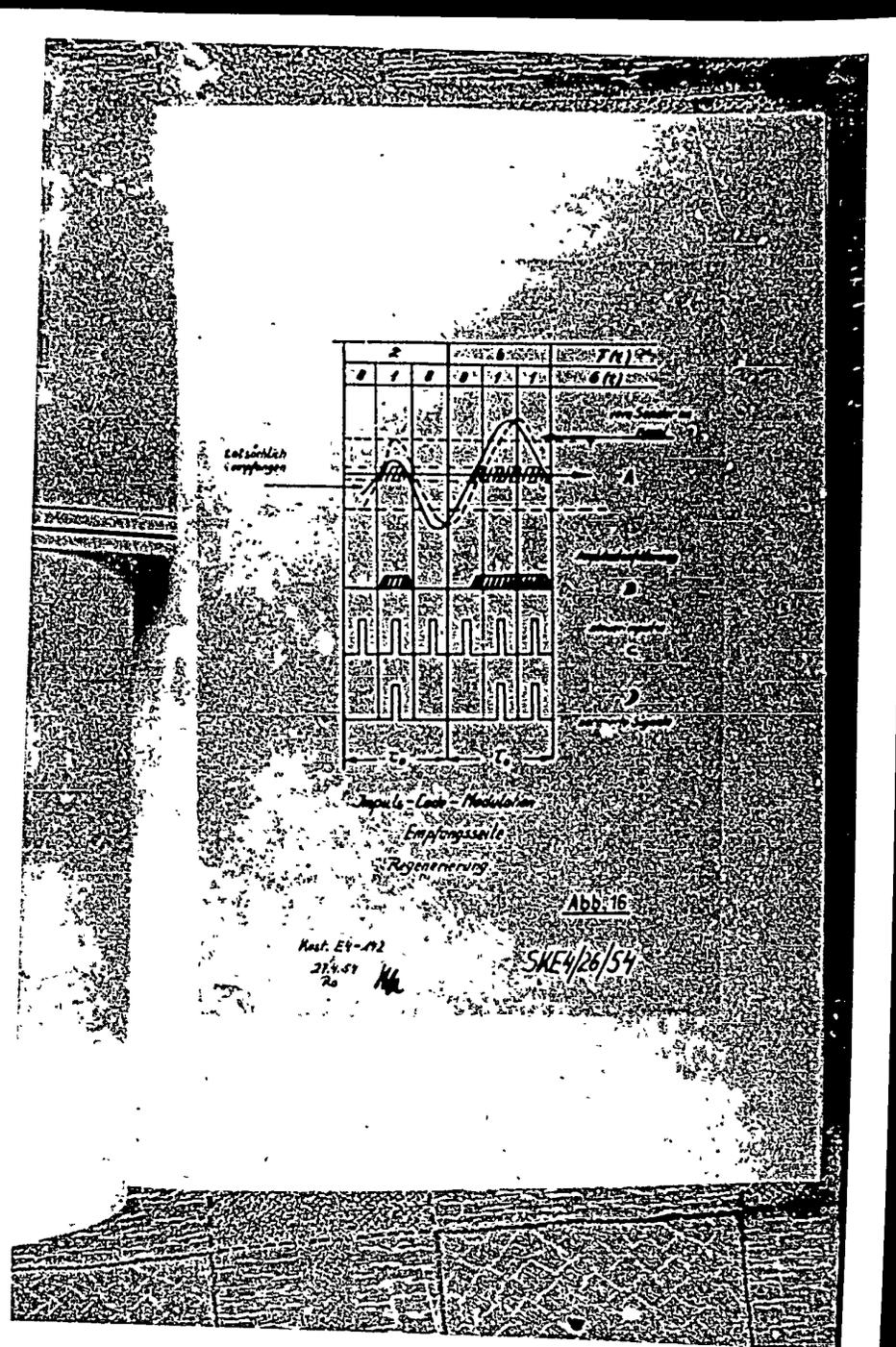




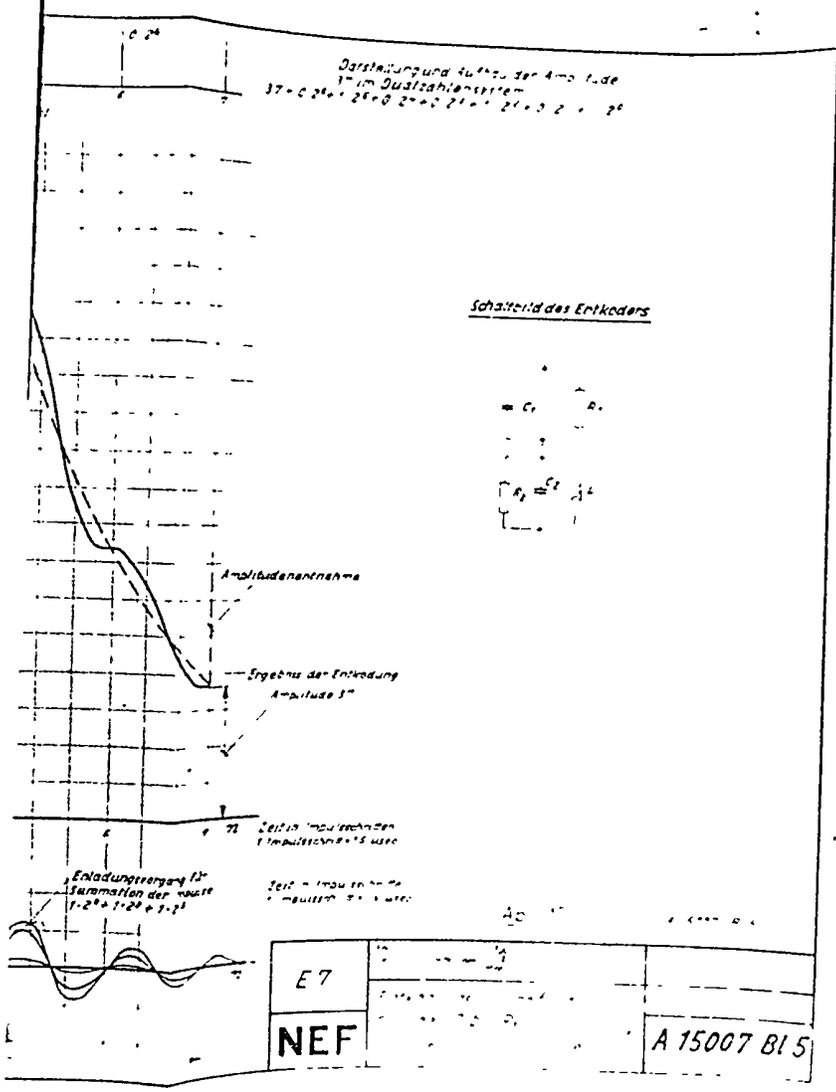
**POOR ORIGINAL**



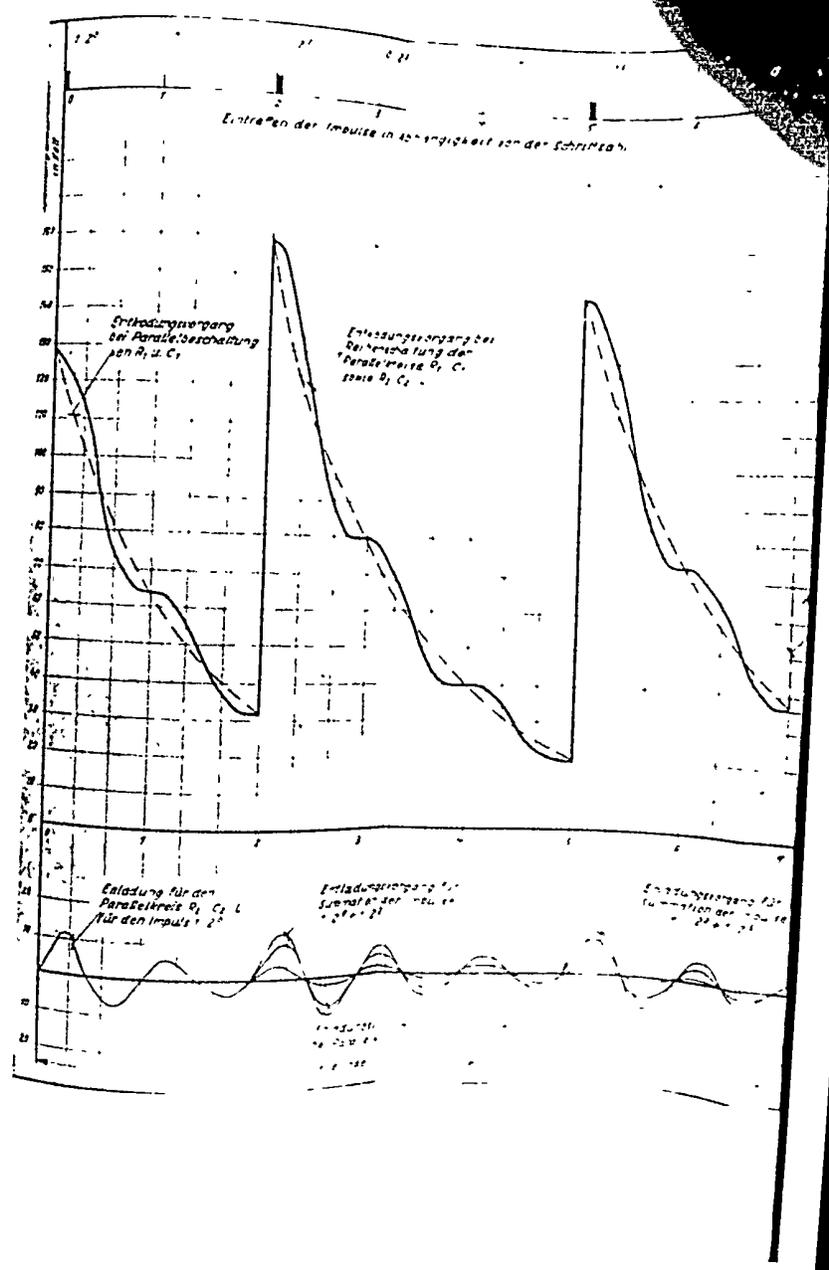
**POOR ORIGINAL**



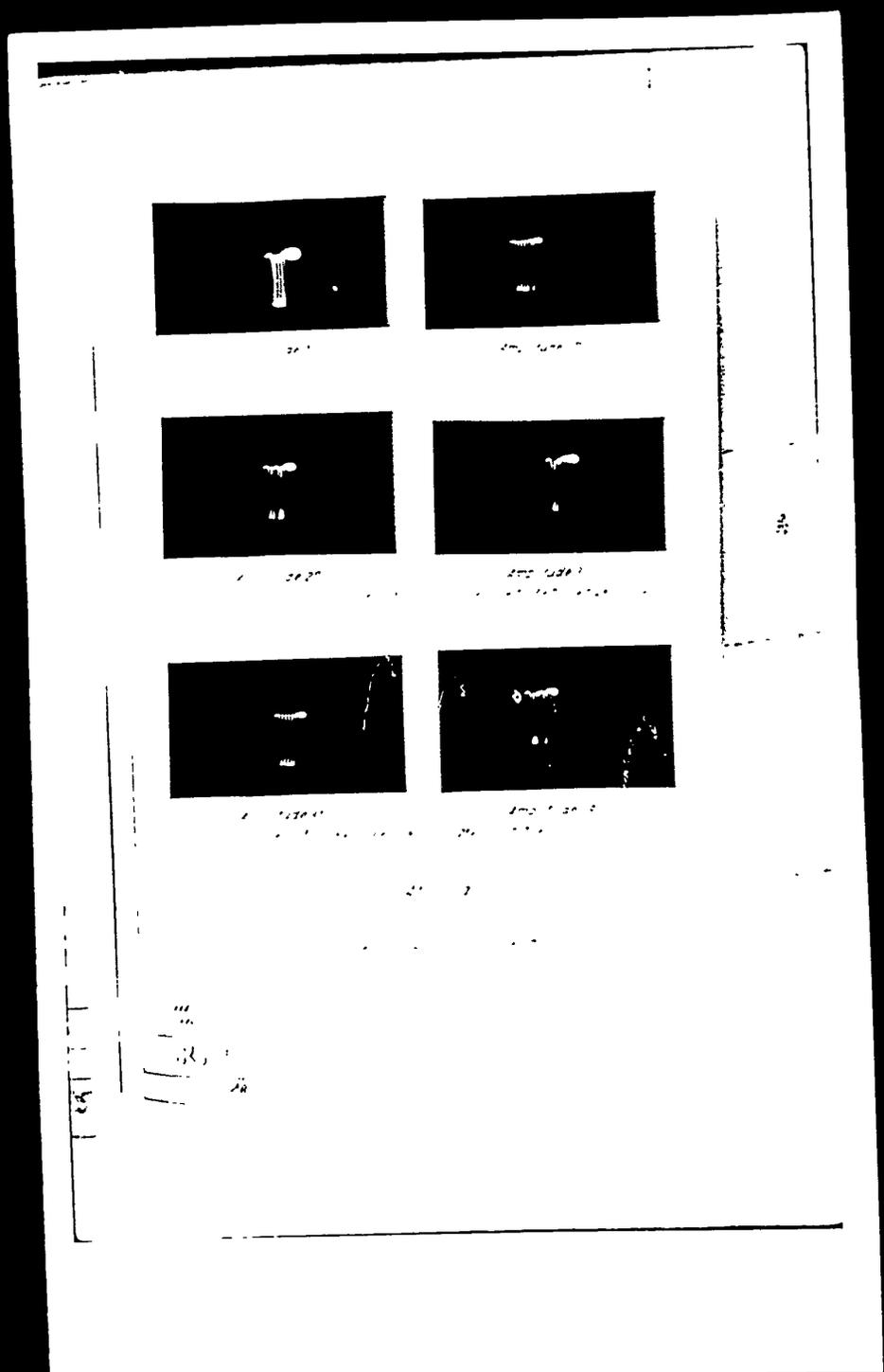
**POOR ORIGINAL**



**POOR ORIGINAL**



**POOR ORIGINAL**



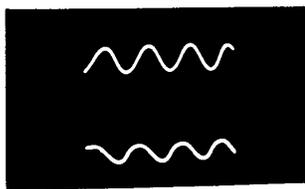
**POOR ORIGINAL**



*Amplitude 47*



*Amplitude 128*  
*Abbildung des Ausgangs der ersten*  
*Abb 15b*

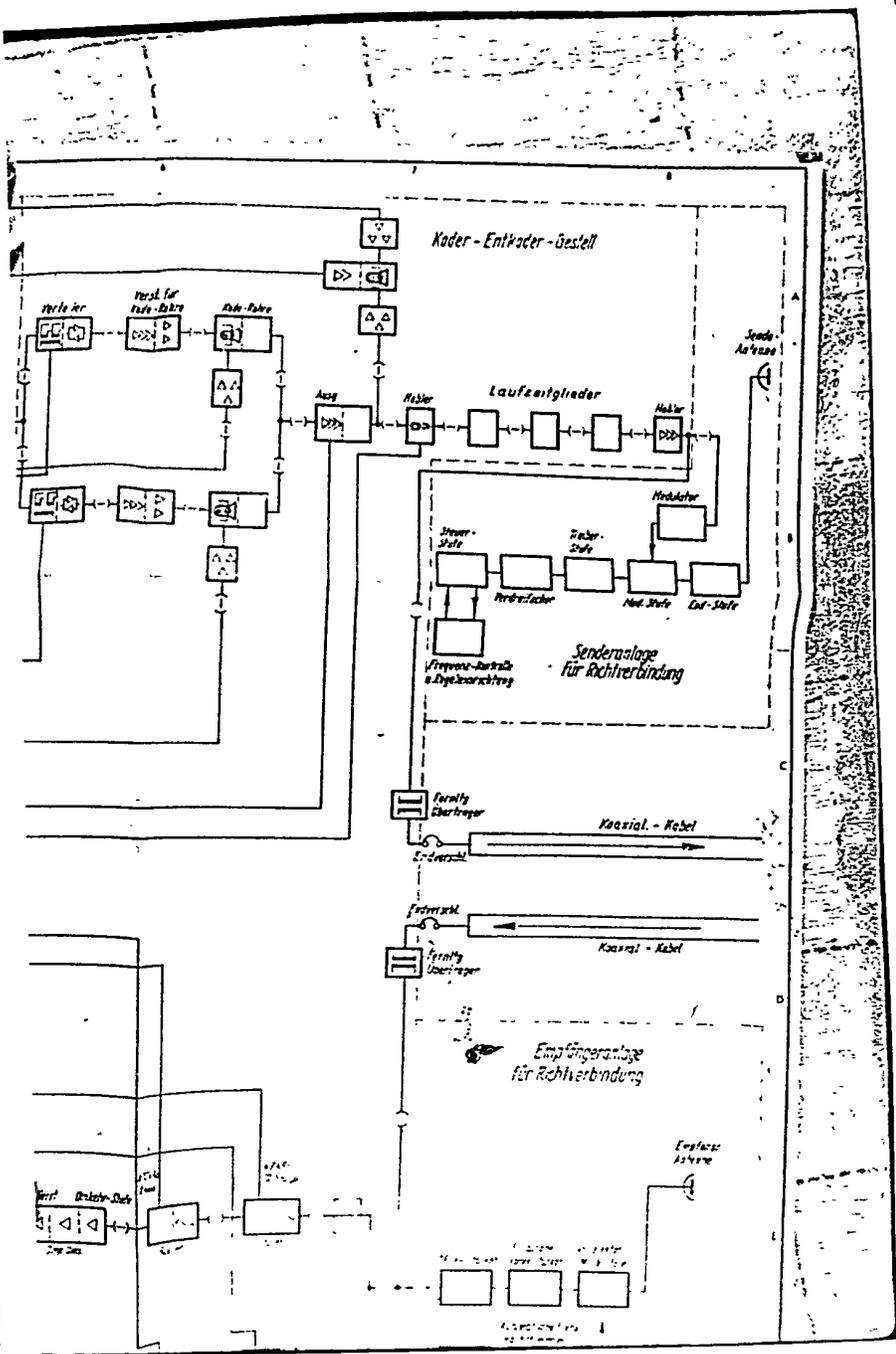


*Amplitude 128*  
*Abbildung des Ausgangs der ersten*  
*Abb 15b*

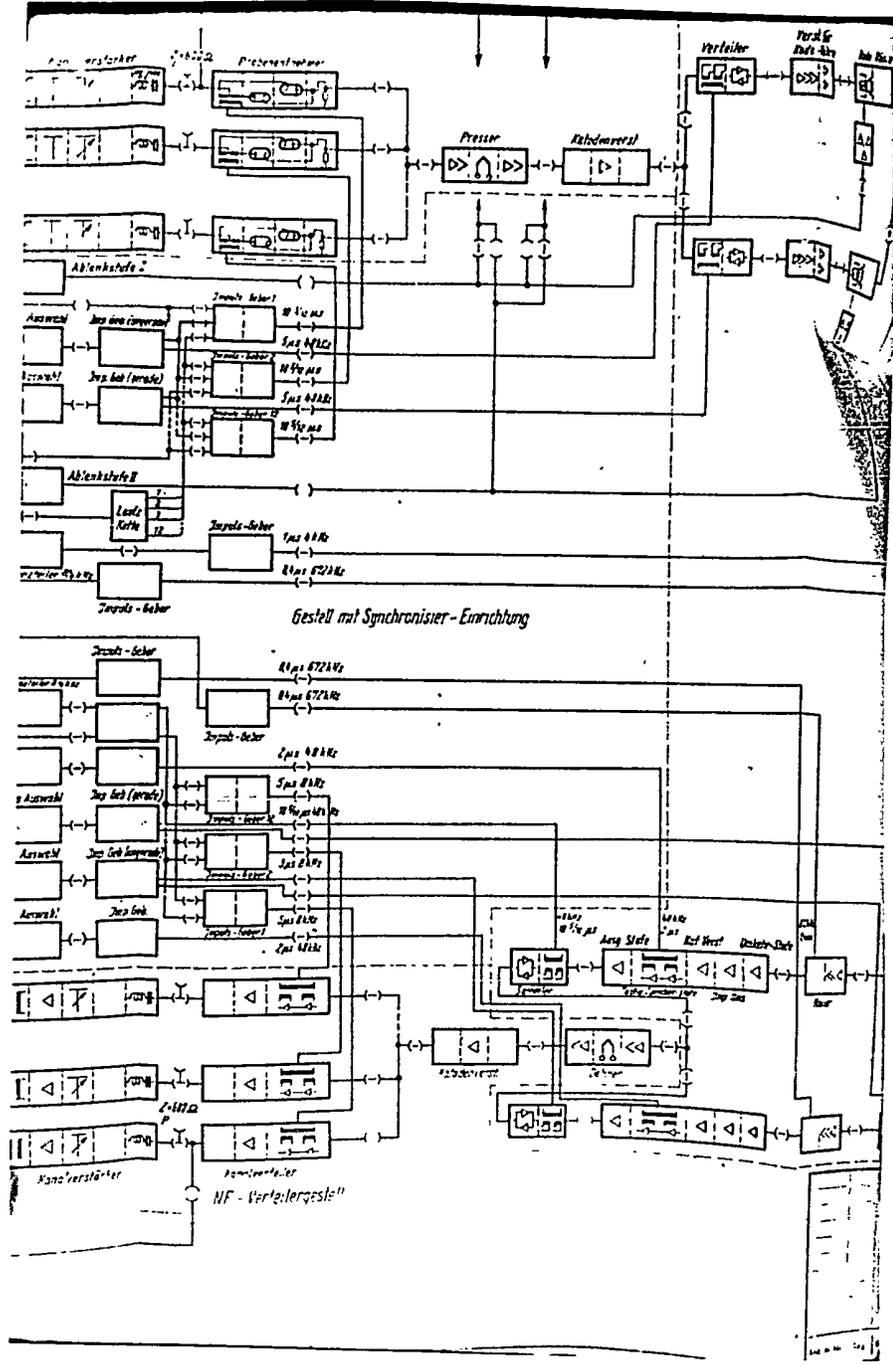
RESEARCH  
REF



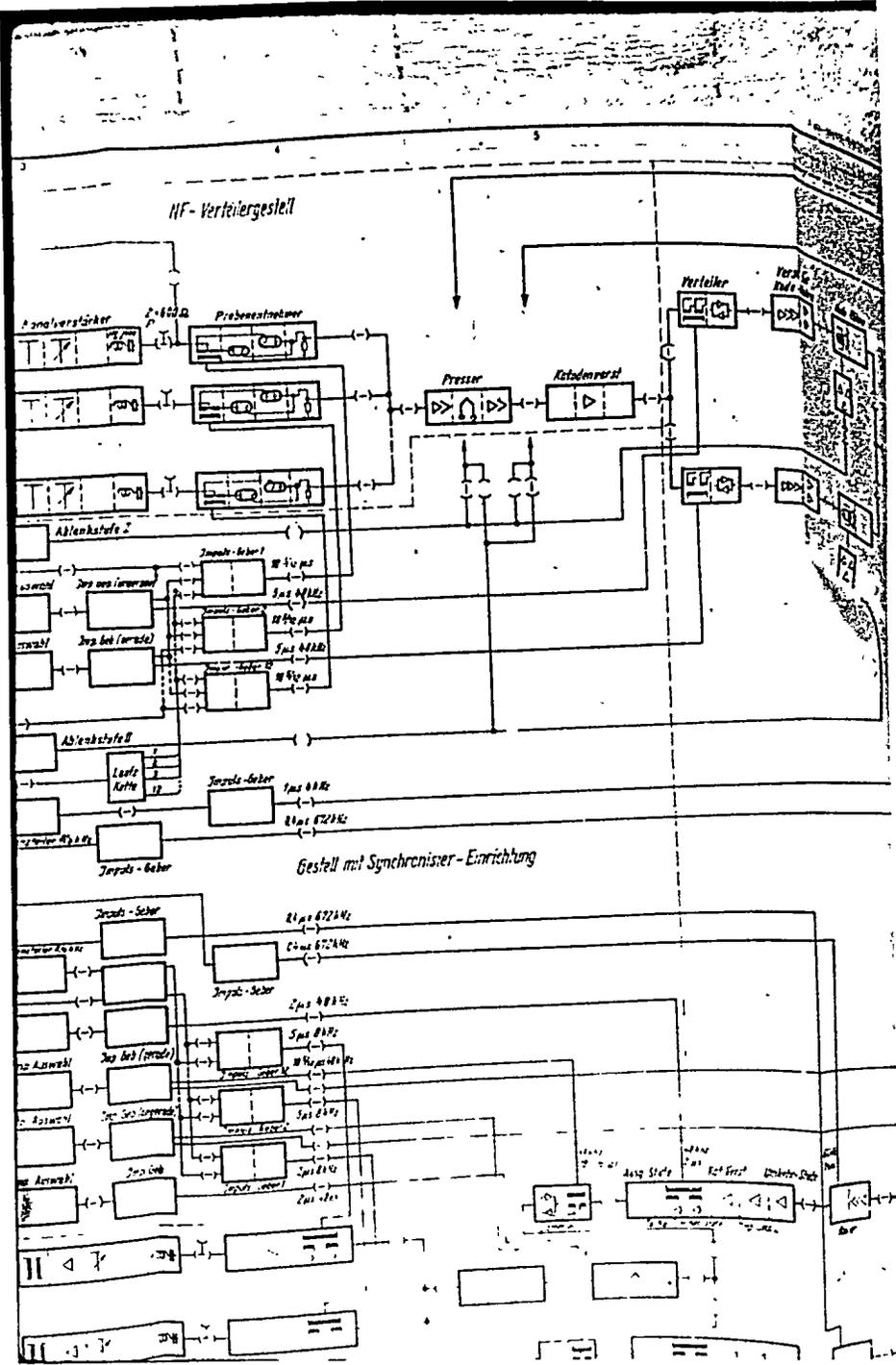
**POOR ORIGINAL**



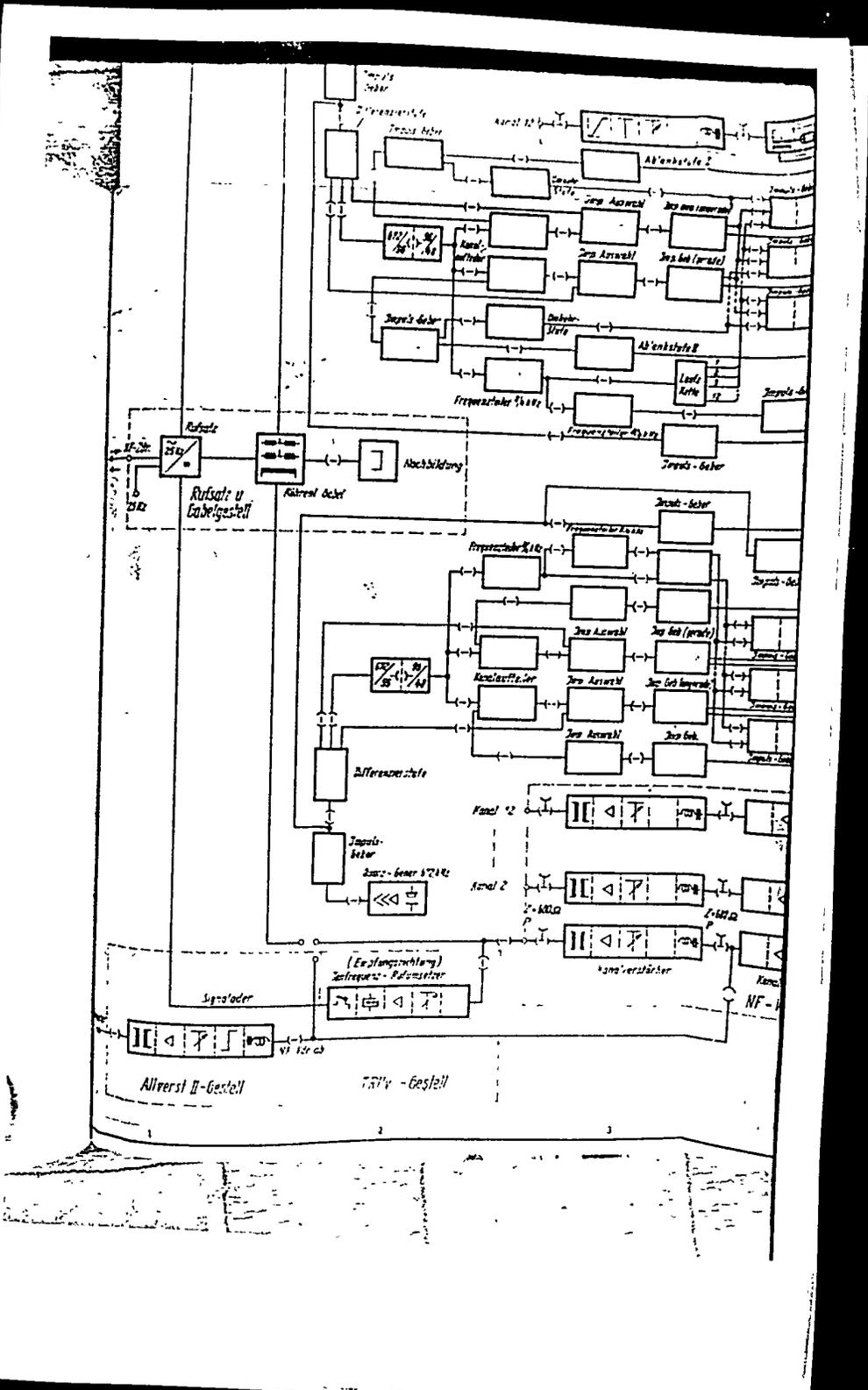
**POOR ORIGINAL**



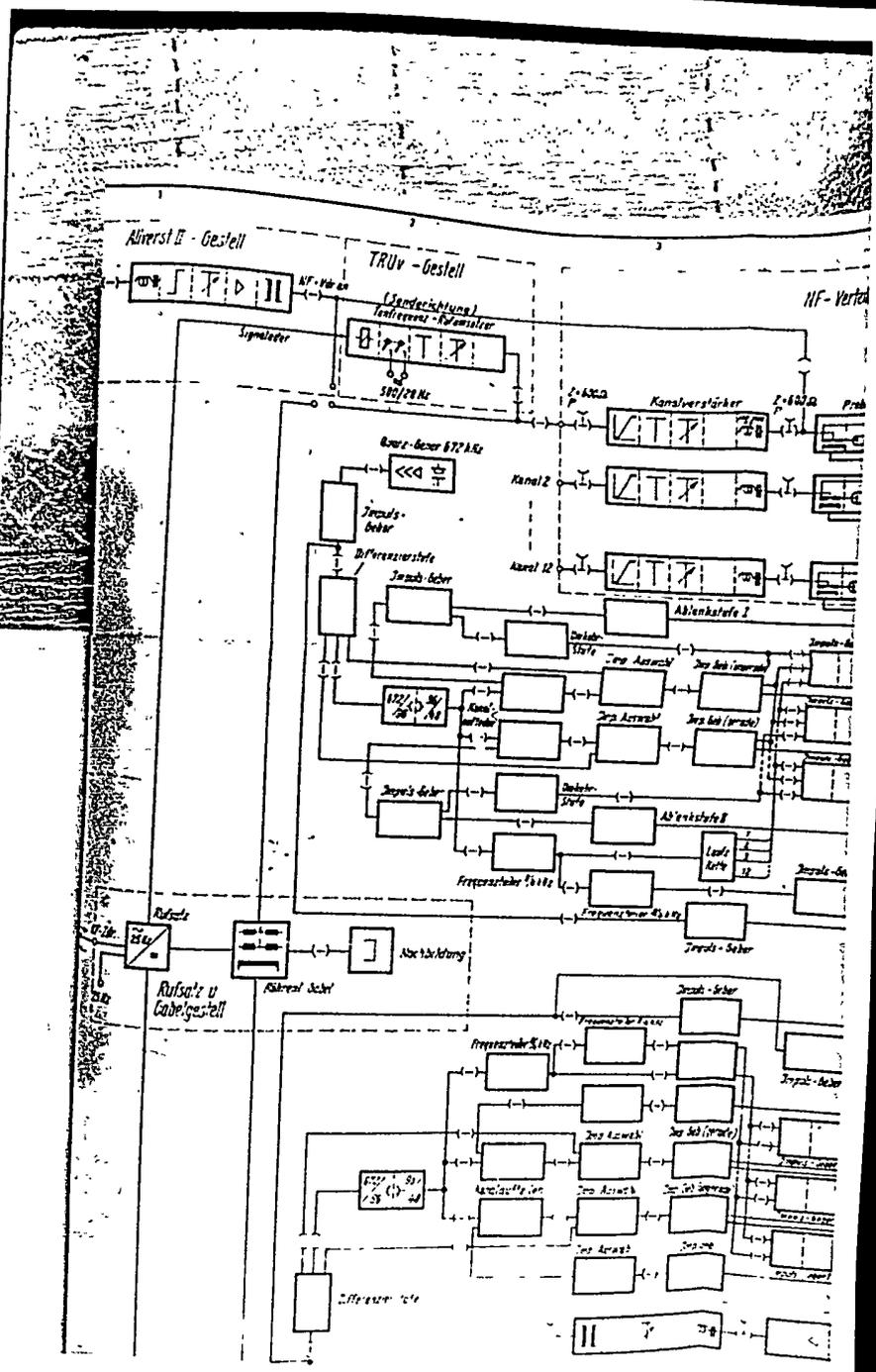
**POOR ORIGINAL**



POOR ORIGINAL



**POOR ORIGINAL**





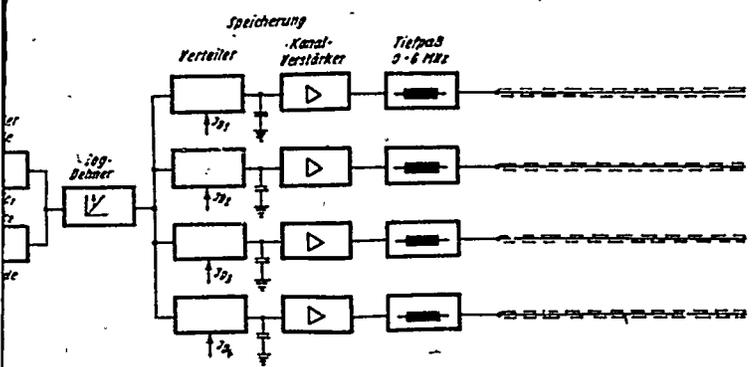
**POOR ORIGINAL**

Empfangsseite

F-MHz	Amplitude
26	42,666
26	47,666
169	5,9526
169	5,9526
26	5,9526
26	2,333
26	42,666
26	42,666
12	20,833
12	20,833

Empfangsseite, Demodulation

Abgehende Kabel



Empfangsseite

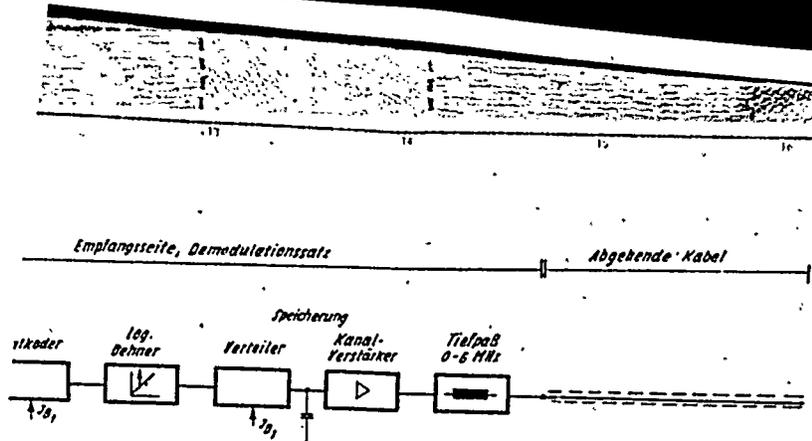
F-MHz	Amplitude
68	20,833
68	20,833
336	2,9762
336	2,9762
68	6,7666
68	6,7666
68	20,833
68	20,833
12	10,416
12	10,416

Abb. 20

HF		E 142		A 15560 BI.1	
HF		E 142		A 15560 BI.1	
HF		E 142		A 15560 BI.1	

Einzelkanal-Übertragung mit Impulsdemodulation  
 Einzelkanal-Zweikanal- und Vierkanalsystem  
 Schrittzahl (Amplituden) s = 128 = 2<sup>7</sup>

**POOR ORIGINAL**

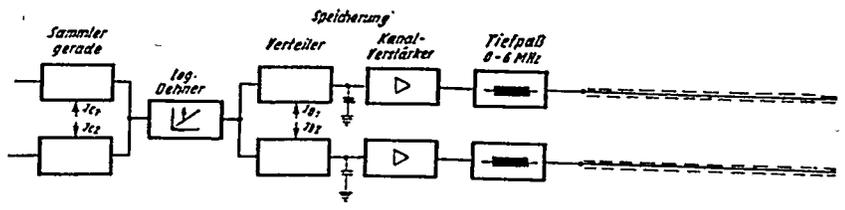


se Jindex

Empfangsseite

Jindex	f-MHz	Code W 5m
201	12	02.933
021	06	16.986
201	12	16.666
201	12	46.666

Empfangsseite, Demodulation

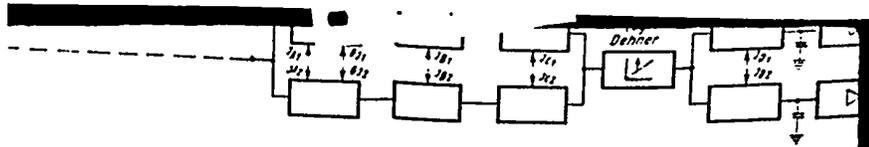


pulse Jindex

Empfangsseite

Jindex	f-MHz	Code W 5m
201	26	62.666
201	26	62.666
021	168	5.9526
021	168	5.9526
201	26	5.9526
201	26	8.333
101	26	62.666
201	26	62.666
201	12	20.833
201	12	20.833

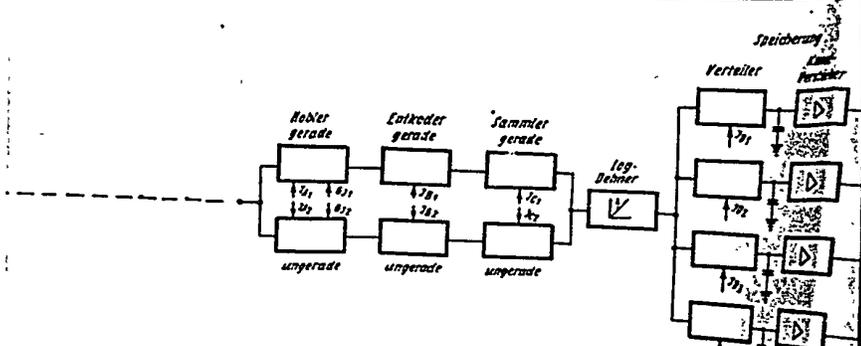
**POOL ORIGINAL**



**Synchronisierungsimpulse J<sub>index</sub>**

Sendeseite			Empfangsseite		
J <sub>index</sub>	f <sub>mod</sub>	Druckwert	J <sub>index</sub>	f <sub>mod</sub>	Druckwert
J <sub>1</sub>	12	62,616	J <sub>1</sub>	24	62,616
J <sub>2</sub>	12	62,616	J <sub>2</sub>	24	62,616
J <sub>un</sub>	26	20,833	6 <sub>1</sub>	168	5,952
J <sub>po</sub>	26	20,833	6 <sub>2</sub>	168	5,952
J <sub>oo</sub>		62,616	J <sub>0</sub>	26	5,952
J <sub>pe</sub>		62,616	J <sub>1</sub>	26	62,616
J <sub>1</sub>	6	5,952	J <sub>2</sub>	26	62,616
6 <sub>1</sub>	168	5,952	J <sub>3</sub>	26	20,833
			J <sub>4</sub>	12	20,833

**Empfangsseite, Demodulation**



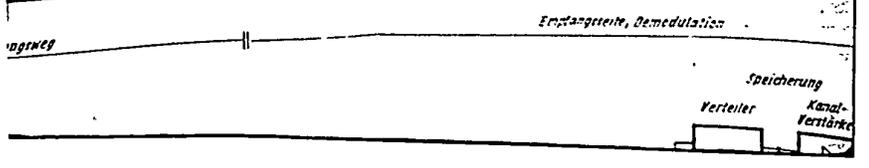
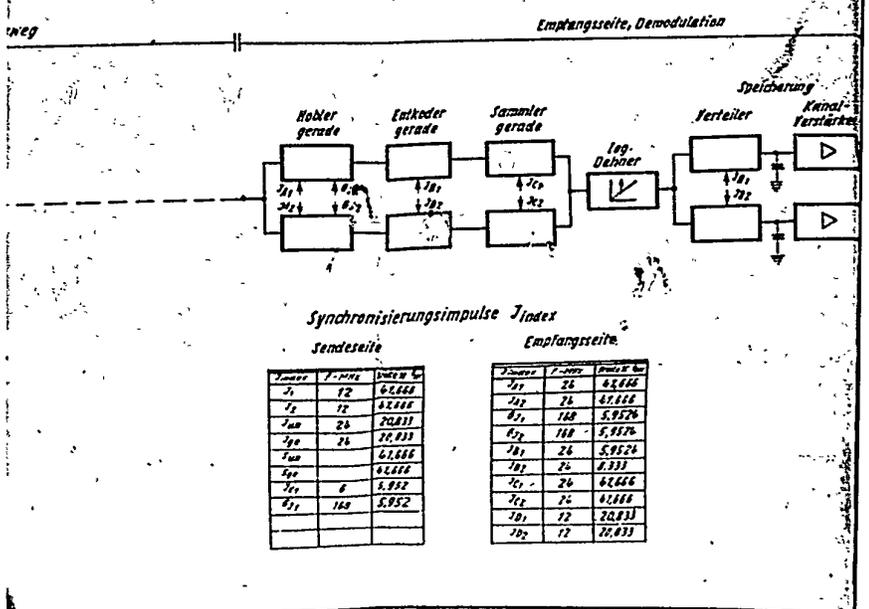
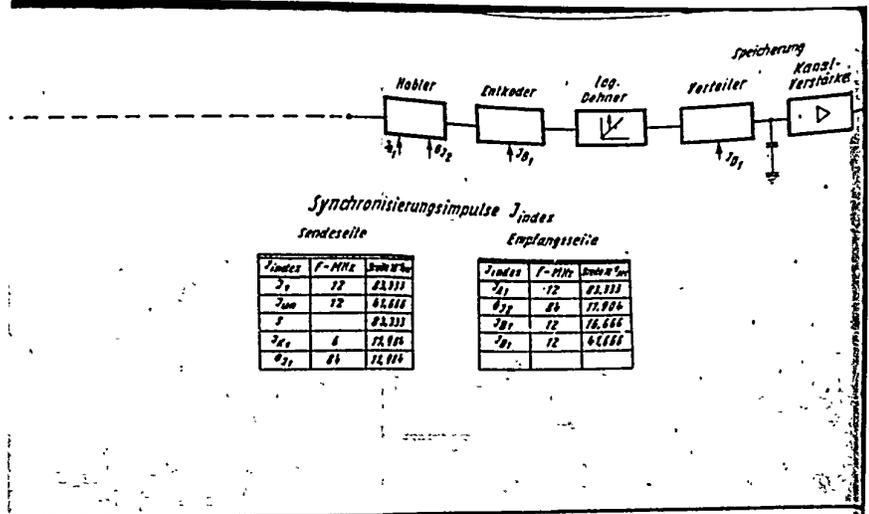
**Synchronisierungsimpulse J<sub>index</sub>**

Sendeseite			Empfangsseite		
J <sub>index</sub>	f <sub>mod</sub>	Druckwert	J <sub>index</sub>	f <sub>mod</sub>	Druckwert
J <sub>1</sub>	12	20,833	J <sub>1</sub>	48	20,833
J <sub>2</sub>	12	20,833	J <sub>2</sub>	48	20,833
J <sub>po</sub>	88	20,676	6 <sub>1</sub>	336	2,9762
J <sub>un</sub>	48	10,416	6 <sub>2</sub>	336	2,9762
J <sub>pe</sub>		20,833	J <sub>0</sub>	48	4,1666
J <sub>oo</sub>		20,833	J <sub>1</sub>	48	4,1666
J <sub>1</sub>	6	2,9762	J <sub>2</sub>	48	20,833
6 <sub>1</sub>	336	2,9762	J <sub>3</sub>	12	20,833
			J <sub>4</sub>	12	20,676

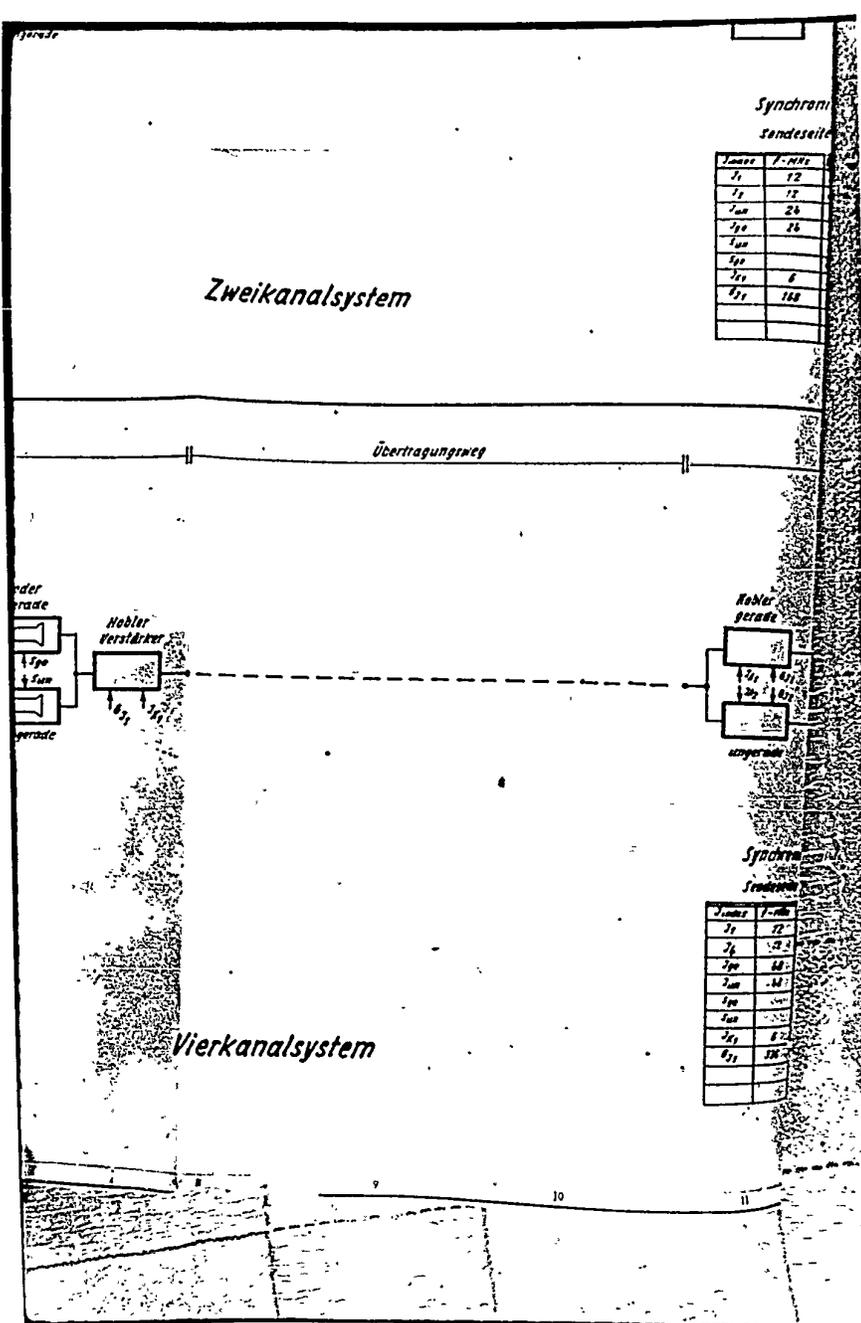
Zeit	Druckwert	Druckwert
12.77		
12.77		

HF

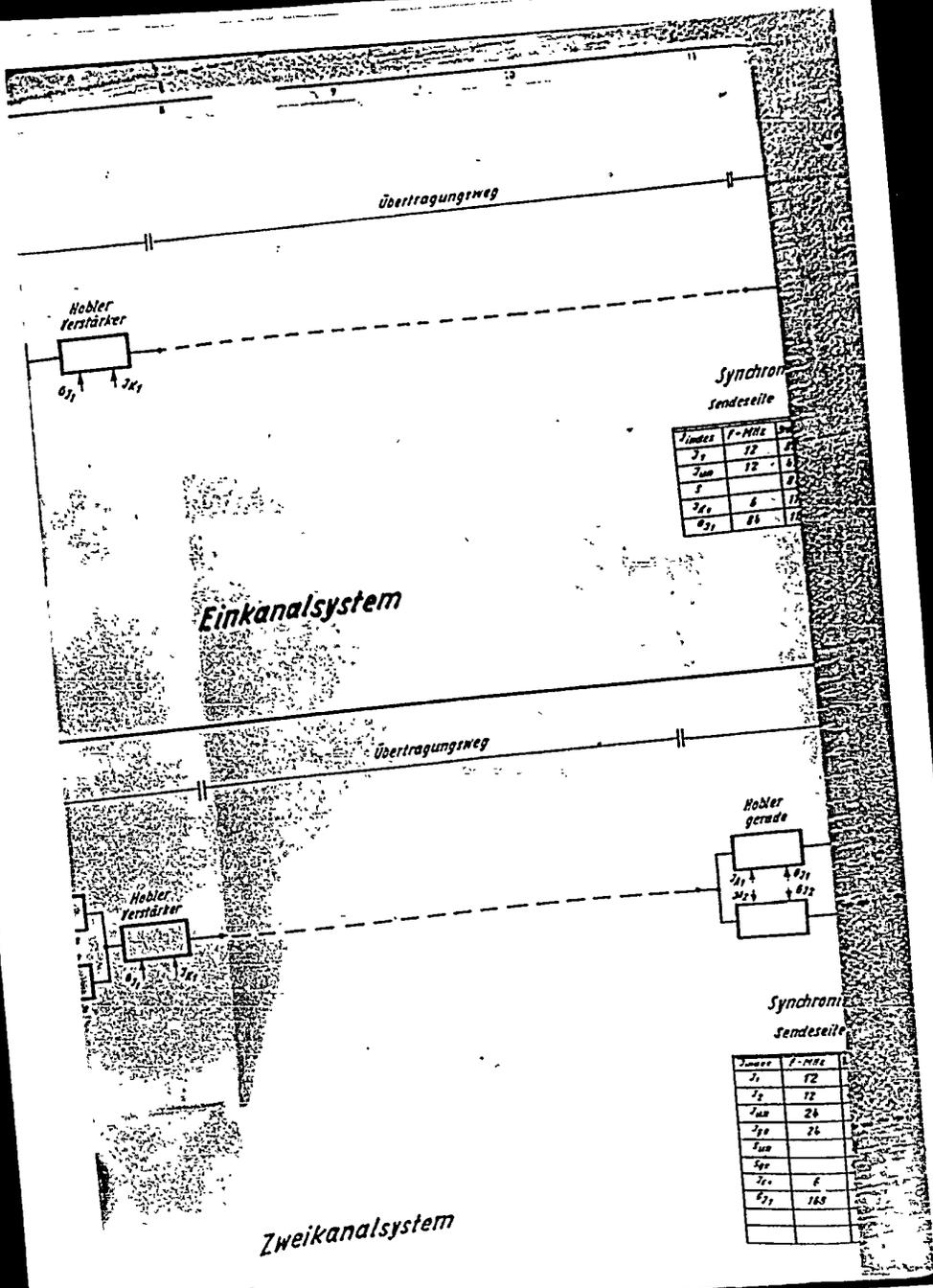
**POOR ORIGINAL**



**POOR ORIGINAL**



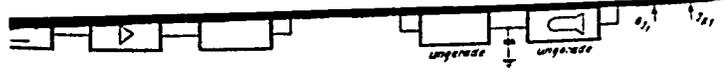
**POOR ORIGINAL**



Index	f-MHz	Band
$f_1$	12	6
$f_{max}$	12	6
$f$		6
$f_{min}$	6	6
$f_2$	18	12

Index	f-MHz	Band
$f_1$	12	
$f_2$	12	
$f_{max}$	24	
$f_{min}$	24	
$f_{pp}$		
$f_{cc}$	6	
$f_2$	180	

**POOR ORIGINAL**

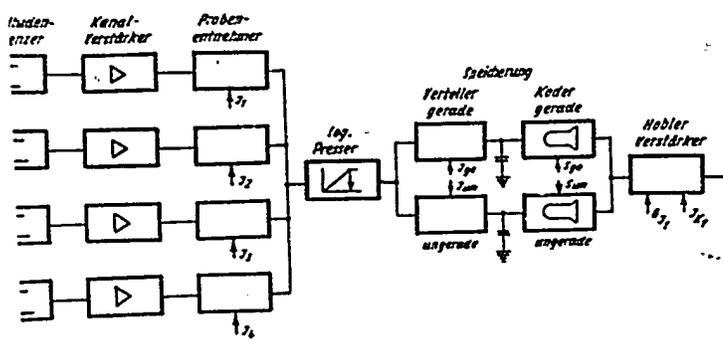


**Technische Daten der Anlage**

B	0-6 MHz
n	2
s	128
r	7
s	6° = 2°
f <sub>0</sub>	28.12 MHz
f <sub>0</sub>	81,333 · 10 <sup>3</sup> sec
T	81,333 · 10 <sup>-6</sup> sec
T <sub>1</sub>	81,333 · 10 <sup>-6</sup> sec
n <sub>1</sub>	n · r = 14
T <sub>2</sub>	5,9526 · 10 <sup>-9</sup> sec
n <sub>2</sub>	28 · n · r = 104
T <sub>2</sub>	5,9526 · 10 <sup>-9</sup> sec

**Zweikanalsystem**

**Sendeseite, Modulationsatz**

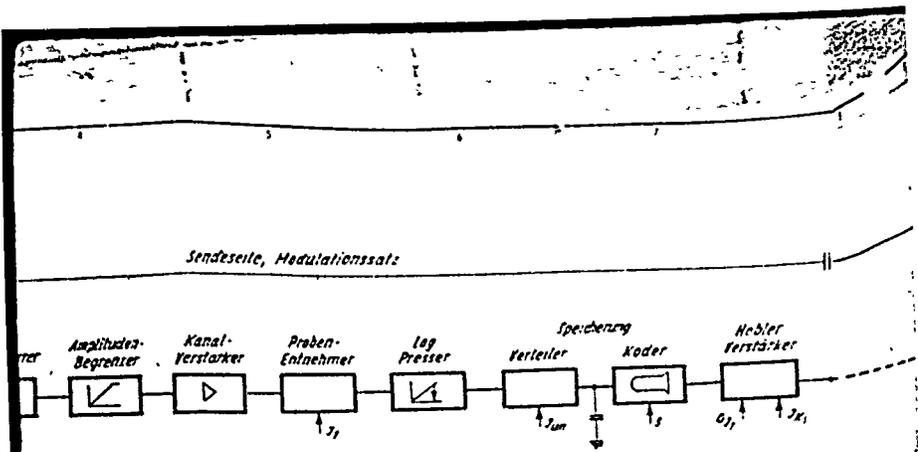


**Technische Daten der Anlage**

B	0-6 MHz
n	4
s	128
r	7
s	6° = 2°
f <sub>0</sub>	28.12 MHz
f <sub>0</sub>	81,333 · 10 <sup>3</sup> sec
T	81,333 · 10 <sup>-6</sup> sec
T <sub>1</sub>	81,333 · 10 <sup>-6</sup> sec
n <sub>1</sub>	n · r = 28
T <sub>2</sub>	2,9762 · 10 <sup>-9</sup> sec
n <sub>2</sub>	28 · n · r = 336
T <sub>2</sub>	2,9762 · 10 <sup>-9</sup> sec

**Vierkanalsystem**

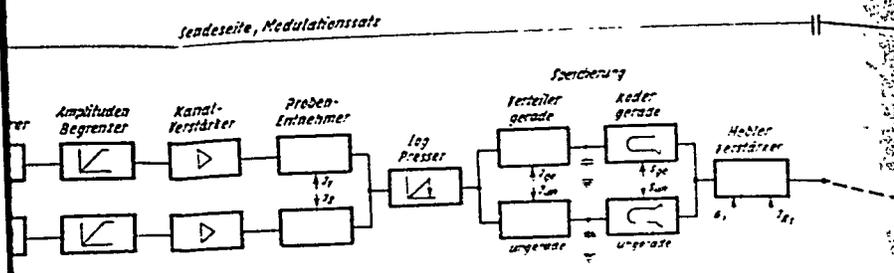
**POOL ORIGINAL**



**Technische Daten der Anlage**

Band	B: 0-6 MHz
Anzahl der Kanäle	n: 7
Impulszahl	l: 128
maximale Anzahl der Impulse auf dem Übertragungsweg je Probe	r: 7
Übertragungssystem, binär	S: $2^7 = 2^7$
Übertragungsfrequenz	f <sub>0</sub> : 29.12 MHz
Bandbreite der diskreten Amplituden	f <sub>1</sub> : $\frac{1}{T_1} = 81.333 \cdot 10^3$ sec
Bandbreite der Kanalzeile	f <sub>2</sub> : $\frac{1}{T_2} = 81.333 \cdot 10^3$ sec
Bandbreite eines Adlastimpulses	f <sub>3</sub> : $\frac{1}{T_3} = 81.333 \cdot 10^3$ sec
maximale Anzahl der Impulse (max) je Kanalzeile	n: 2.048
maximale Dauer auf dem Übertragungsweg	T <sub>1</sub> : $\frac{1}{f_1} = 12.285 \cdot 10^{-3}$ sec
maximale Anzahl der Impulse / sec	n <sub>1</sub> : $\frac{1}{T_1} = 81.333 \cdot 10^3$ sec
maximale Dauer des Kanalzeilenimpulses	T <sub>2</sub> , T <sub>3</sub> : $\frac{1}{f_2} = 12.285 \cdot 10^{-3}$ sec

Einkanal

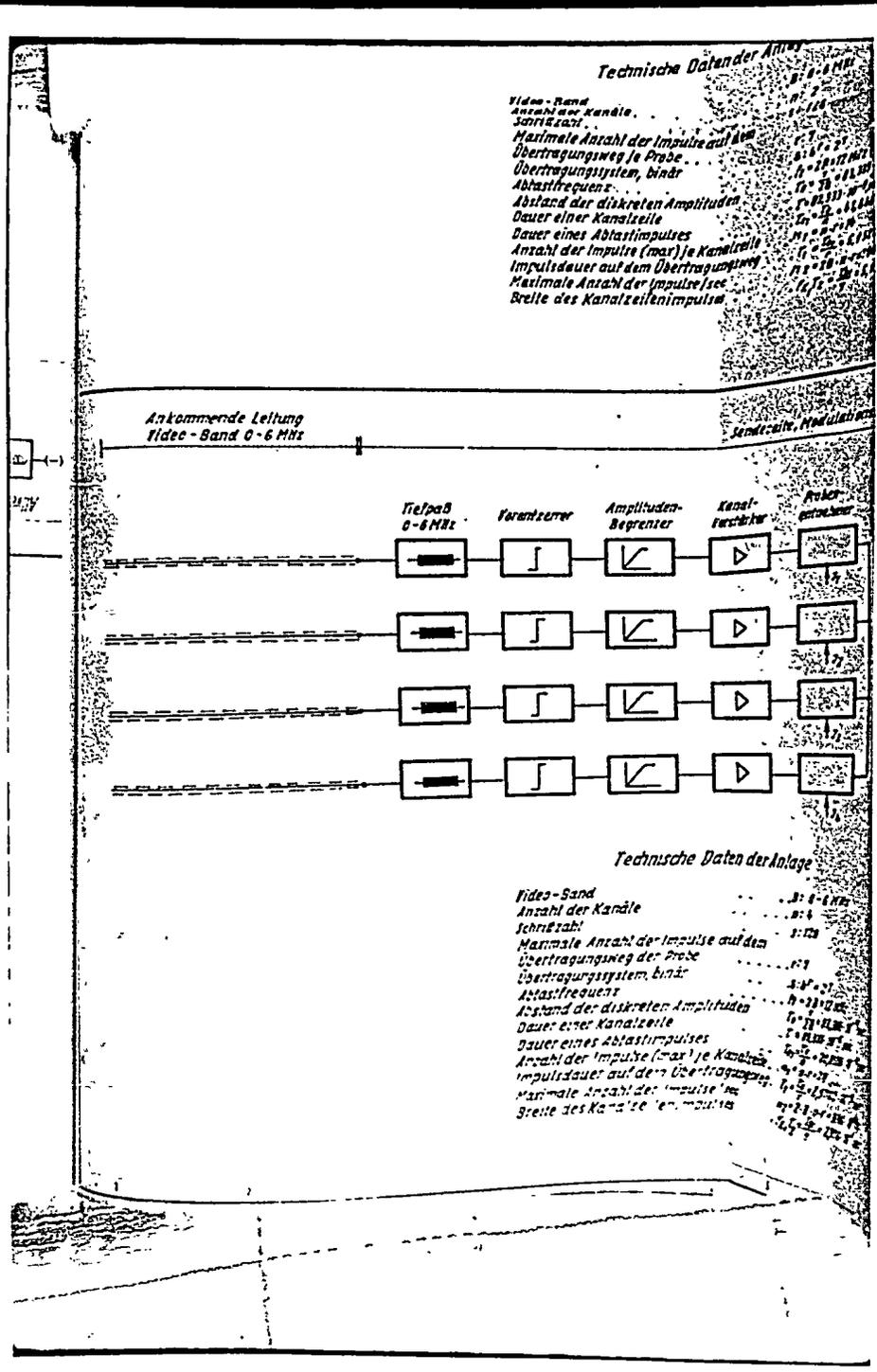


**Technische Daten der Anlage**

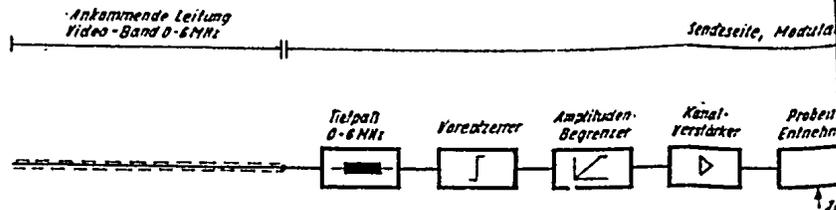
Band	B: 0-6 MHz
Anzahl der Kanäle	n: 2 <sup>7</sup>
Impulszahl	l: 128
maximale Anzahl der Impulse auf dem Übertragungsweg je Probe	r: 7
Übertragungssystem, binär	S: $2^7 = 2^7$
Übertragungsfrequenz	f <sub>0</sub> : 29.12 MHz
Bandbreite der diskreten Amplituden	f <sub>1</sub> : $\frac{1}{T_1} = 81.333 \cdot 10^3$ sec
Bandbreite der Kanalzeile	f <sub>2</sub> : $\frac{1}{T_2} = 81.333 \cdot 10^3$ sec
Bandbreite eines Adlastimpulses	f <sub>3</sub> : $\frac{1}{T_3} = 81.333 \cdot 10^3$ sec
maximale Anzahl der Impulse (max) je Kanalzeile	n: 2.048
maximale Dauer auf dem Übertragungsweg	T <sub>1</sub> : $\frac{1}{f_1} = 12.285 \cdot 10^{-3}$ sec
maximale Anzahl der Impulse / sec	n <sub>1</sub> : $\frac{1}{T_1} = 81.333 \cdot 10^3$ sec
maximale Dauer des Kanalzeilenimpulses	T <sub>2</sub> , T <sub>3</sub> : $\frac{1}{f_2} = 12.285 \cdot 10^{-3}$ sec

Zweikanal

**POOR ORIGINAL**

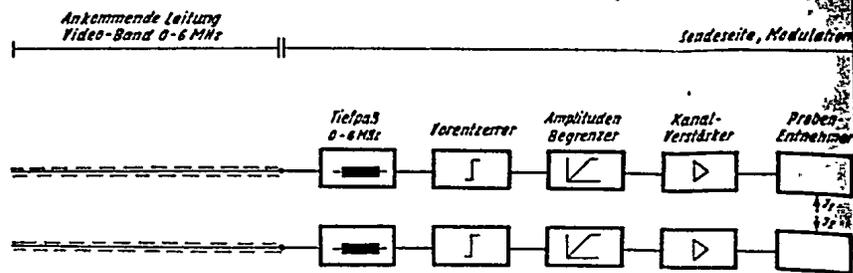


**POOR ORIGINAL**



**Technische Daten der Anlage**

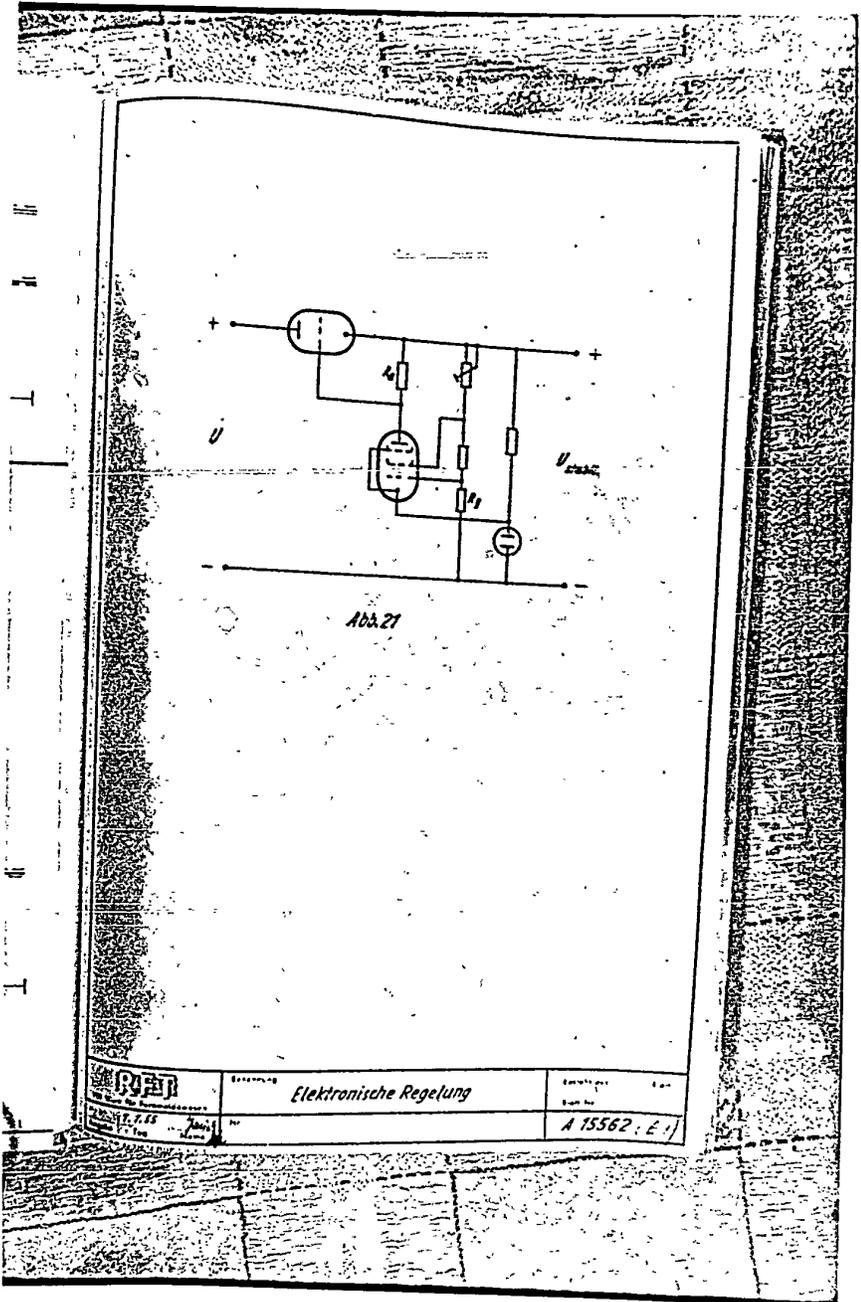
Video-Band	B: 0-6 MHz
Anzahl der Kanäle	n: 1
Schrittzahl	s: 178
Maximale Anzahl der Impulse auf dem Übertragungsweg je Probe	r: 9
Übertragungssystem, binär	S: 67 = 2 <sup>6</sup>
Abtastfrequenz	f <sub>a</sub> = 20 MHz
Abstand der diskreten Amplituden	T <sub>a</sub> = 50 ns
Dauer der Kanalzeile	T <sub>k</sub> = 62,111 ns
Dauer eines Abtastimpulses	T <sub>i</sub> = 12 ns
Anzahl der Impulse (max) je Kanalzeile	n <sub>1</sub> = 5,166
Impulsdauer auf dem Übertragungsweg	T <sub>1</sub> = 12 ns
Maximale Anzahl der Impulse/sec	n <sub>2</sub> = 28,0
Breite des Kanalzeilenimpulses	T <sub>k1</sub> , T <sub>k2</sub> = 4 ns



**Technische Daten der Anlage**

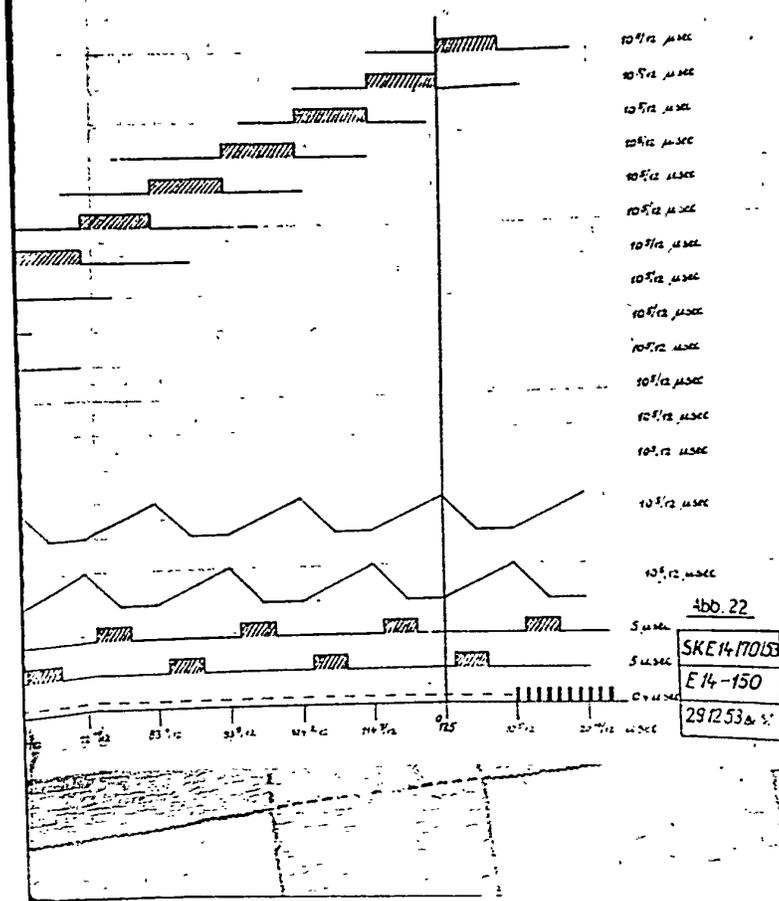
Video-Band	B: 0-6 MHz
Anzahl der Kanäle	n: 2
Schrittzahl	s: 178
Maximale Anzahl der Impulse auf dem Übertragungsweg je Probe	r: 7
Übertragungssystem, binär	S: 67 = 2 <sup>6</sup>
Abtastfrequenz	f <sub>a</sub> = 28,12 MHz
Abstand der diskreten Amplituden	T <sub>a</sub> = 35,57 ns
Dauer einer Kanalzeile	T <sub>k</sub> = 62,111 ns
Dauer eines Abtastimpulses	T <sub>i</sub> = 12 ns
Anzahl der Impulse (max) je Kanalzeile	n <sub>1</sub> = 5,166
Impulsdauer auf dem Übertragungsweg	T <sub>1</sub> = 12 ns
Maximale Anzahl der Impulse/sec	n <sub>2</sub> = 28,0
Breite des Kanalzeilenimpulses	T <sub>k1</sub> , T <sub>k2</sub> = 4 ns

**POOR ORIGINAL**

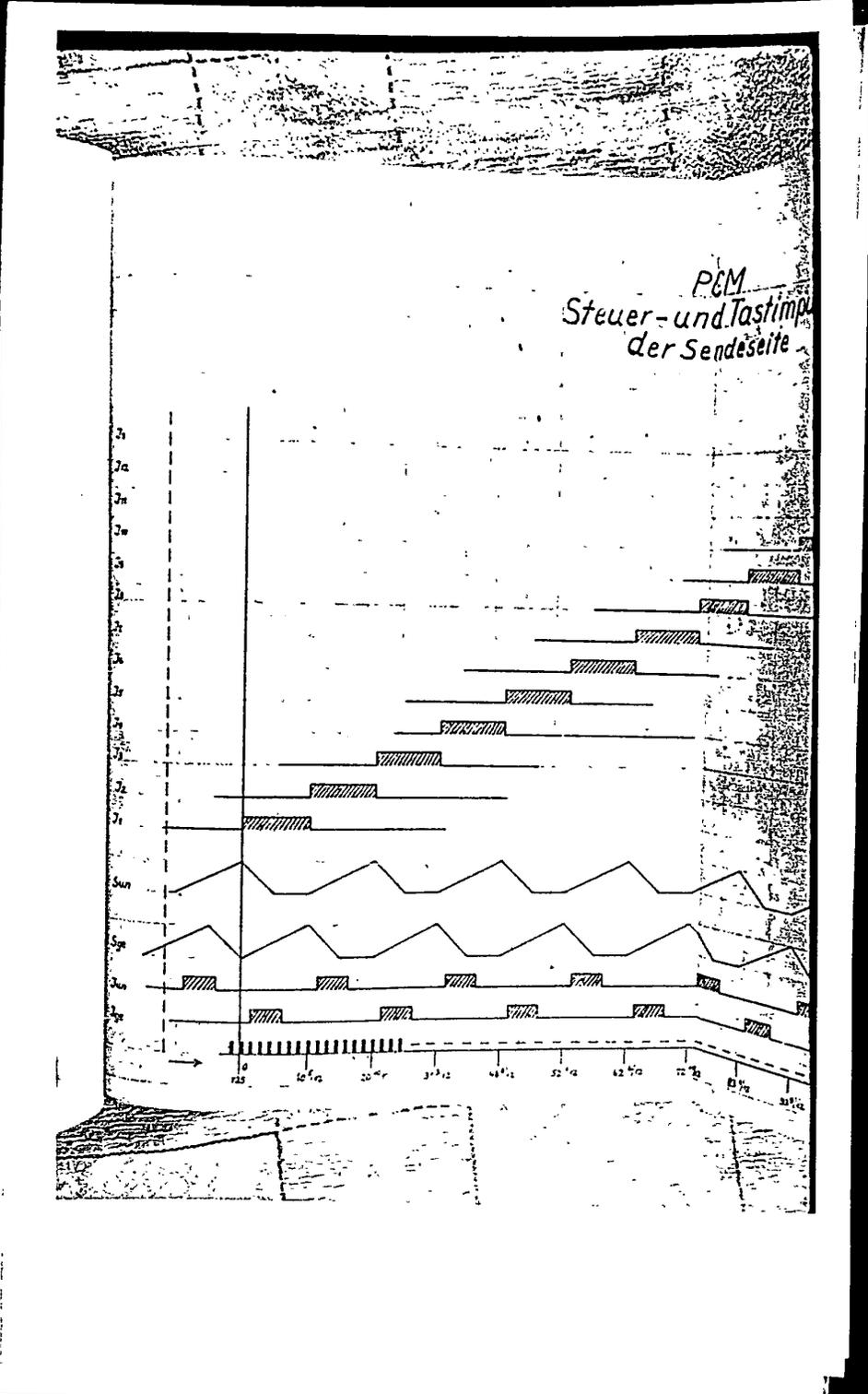


**POOR ORIGINAL**

PCM  
- und Tastimpulse  
er Sendeseite

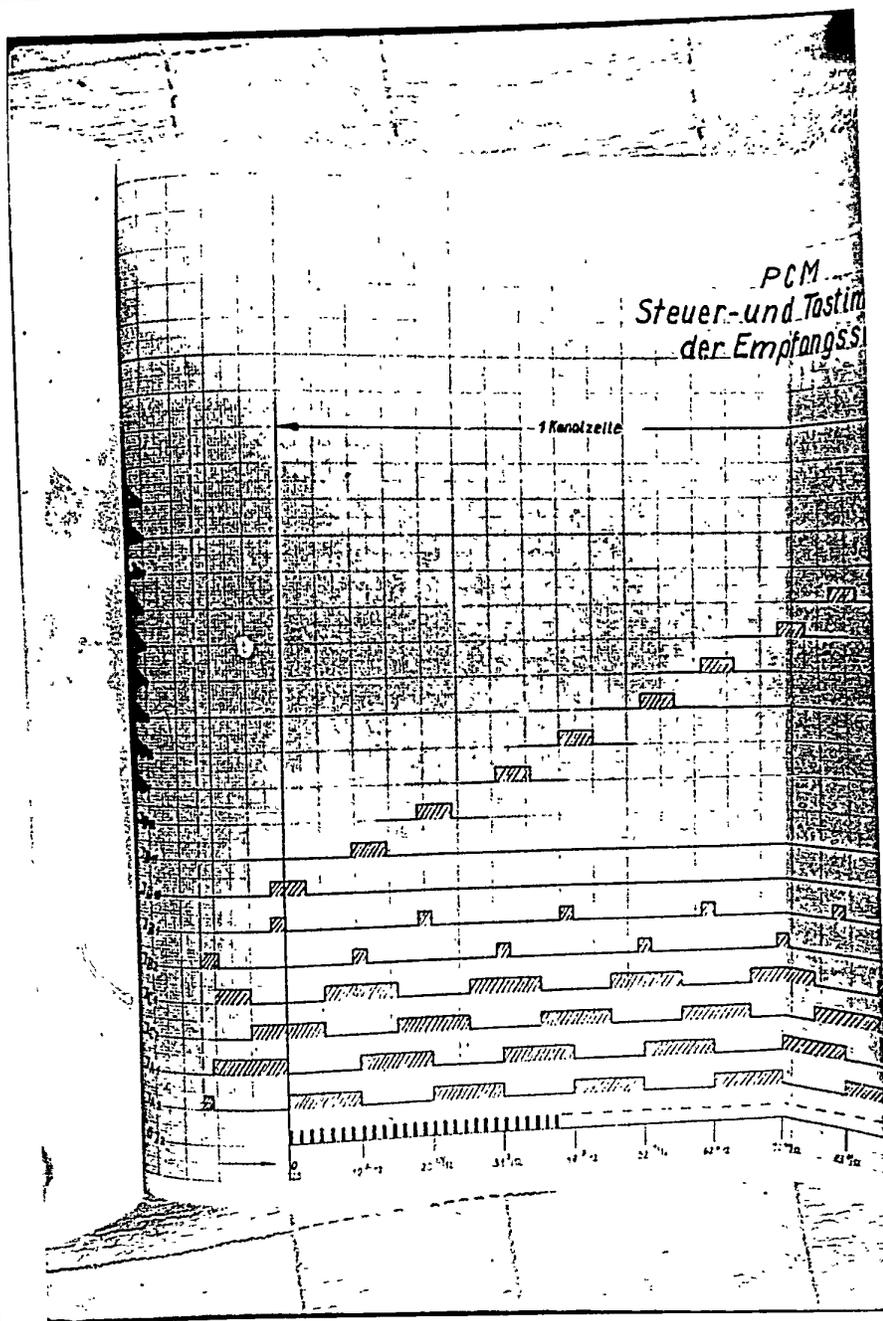


**POOR ORIGINAL**

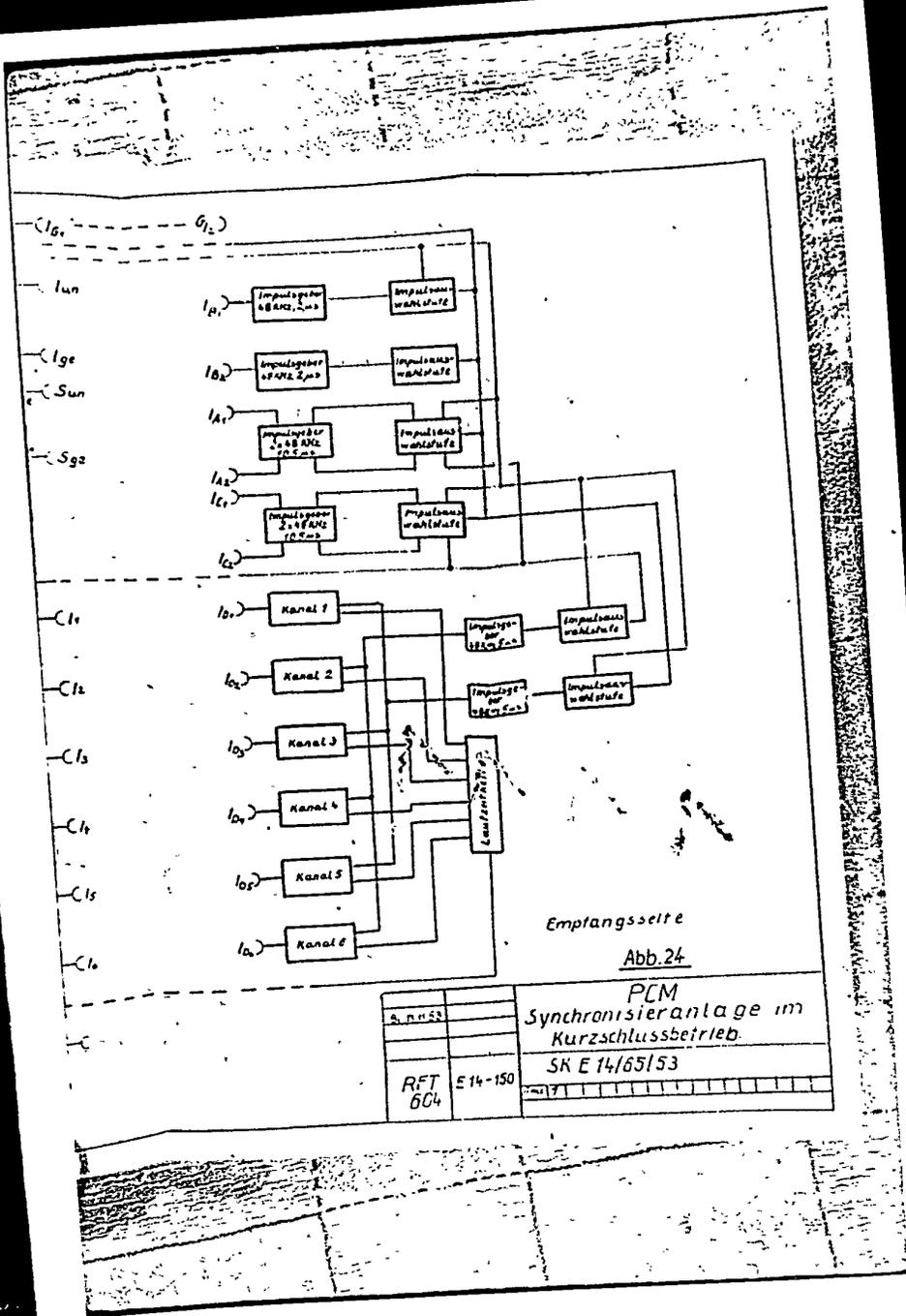




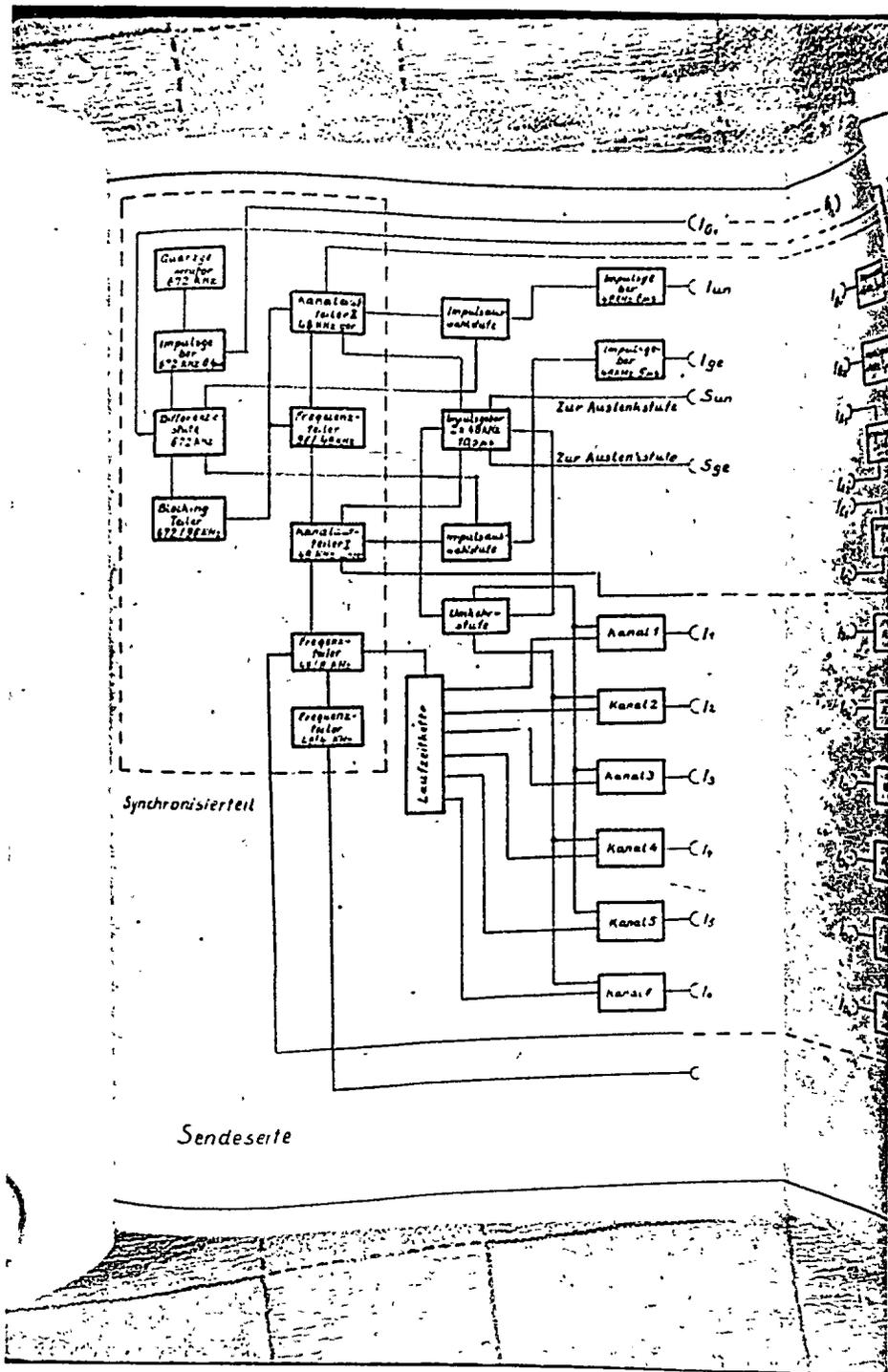
**POOR ORIGINAL**



**POOR ORIGINAL**

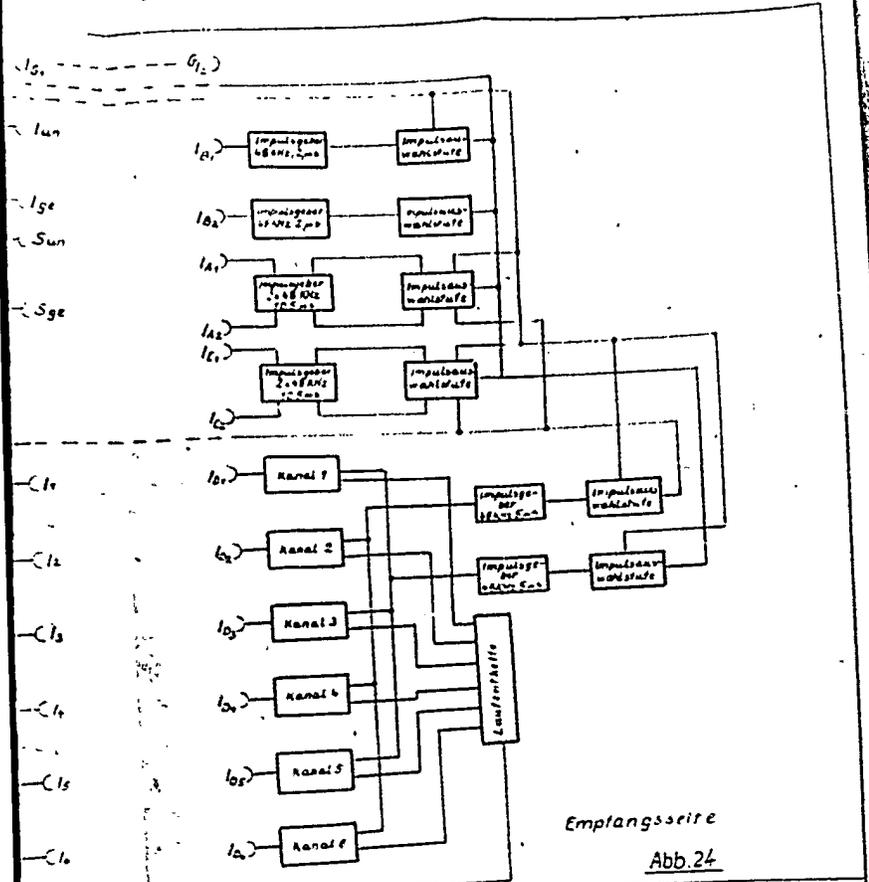


POOR ORIGINAL





**POOR ORIGINAL**

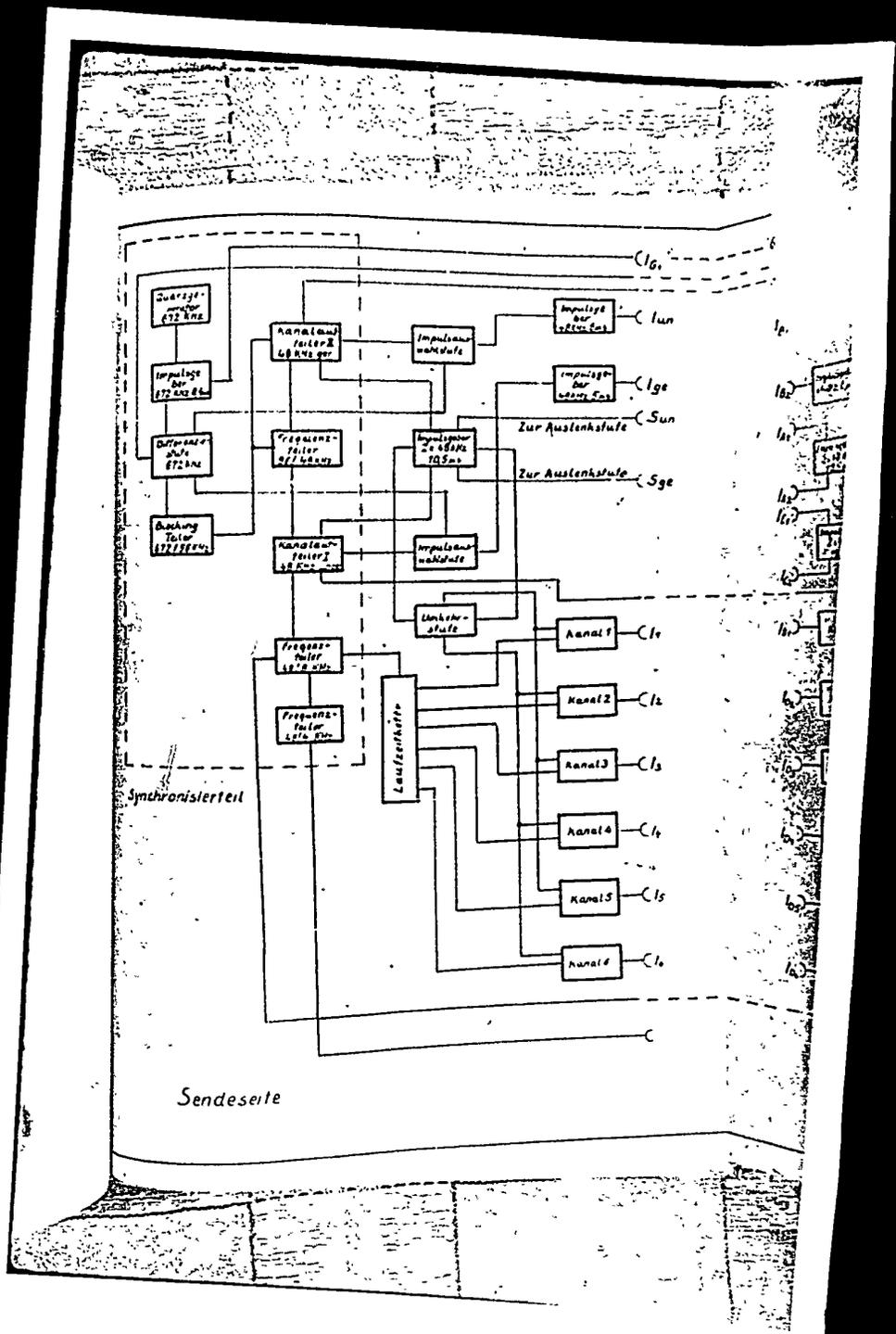


Empfangsseite

Abb. 24

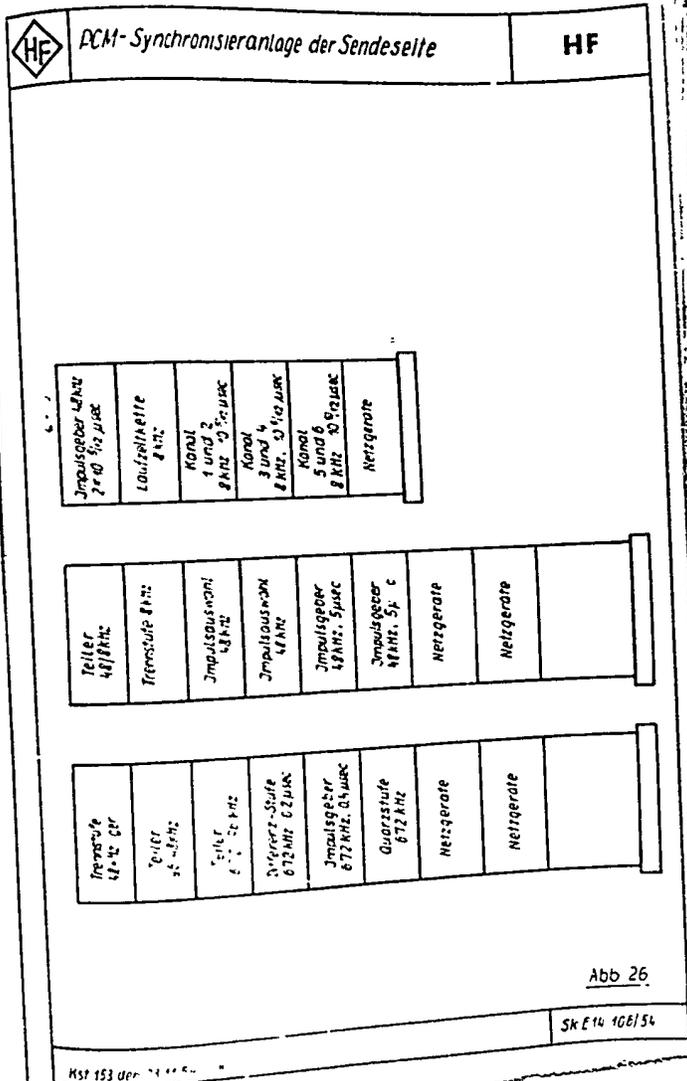
		PCM	
		Synchronisieranlage im	
		Kurzschlussbetrieb	
		SK E 14/55/53	
RFT	E 14-150		
604			

**POOR ORIGINAL**

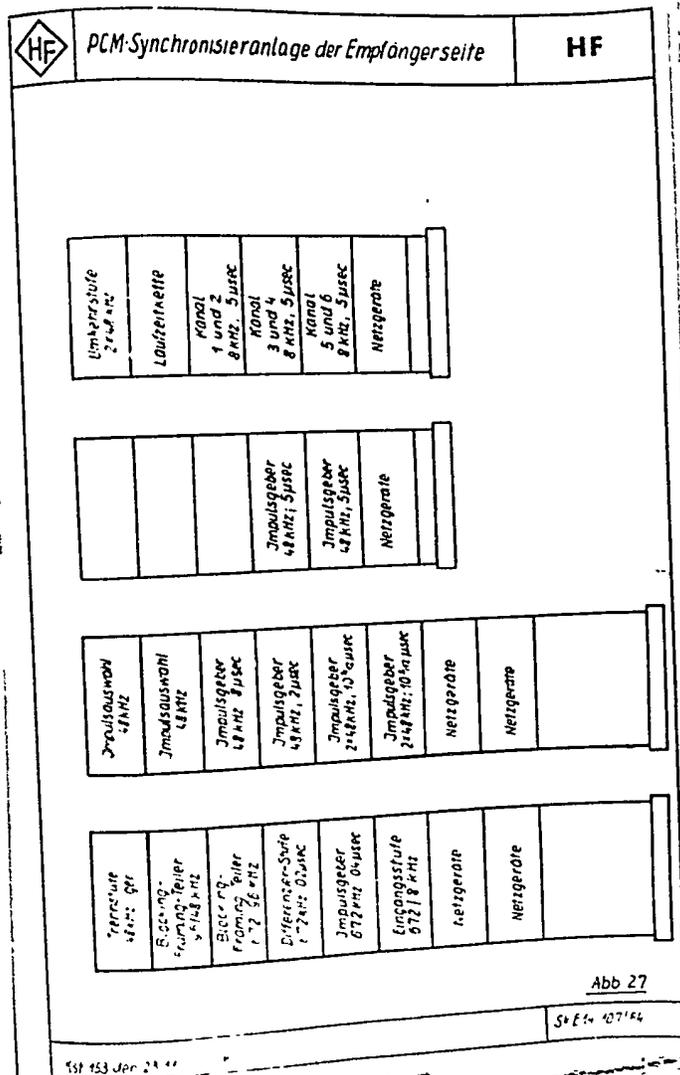




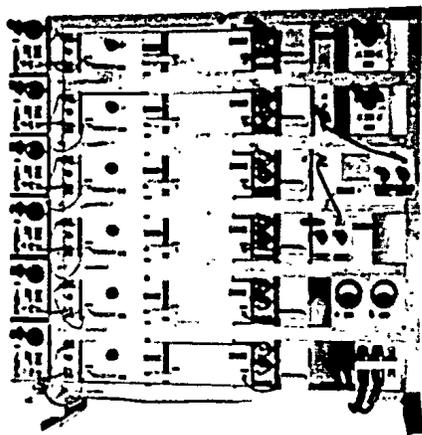
**POOR ORIGINAL**



**POOR ORIGINAL**



**POOR ORIGINAL**



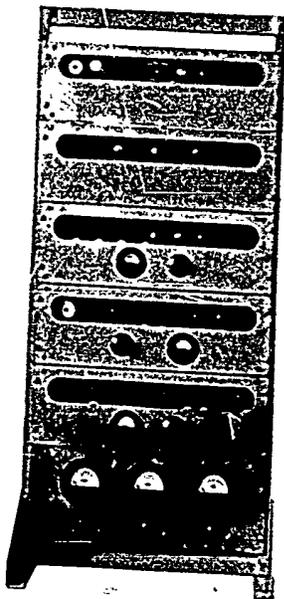
54 6915

*Modulationssatz  
(Sendeseite)*

*Abb. 28a*

54 6915		
<b>RFT</b>	<i>Impulscode modulation</i>	... 93
1 1 11	F 6-65	A 5563

POOR ORIGINAL



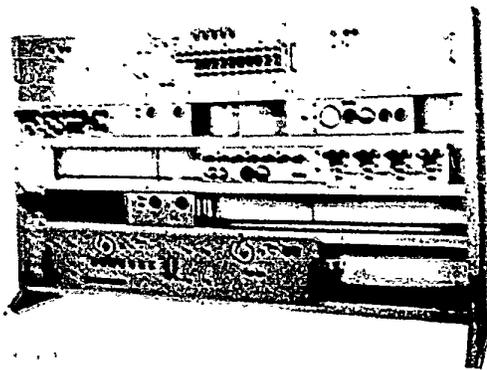
54-10103

*Gestell zur Erzeugung phasenstarrer niederfrequenter Meßfrequenzen*

*Abb. 29e*

	Impulsmodemodulation	1955
1.1.1.1.1	F4-55	1955

**POOR ORIGINAL**



*Modulationsatz  
(Sendemitte)*

*Abz 28t*

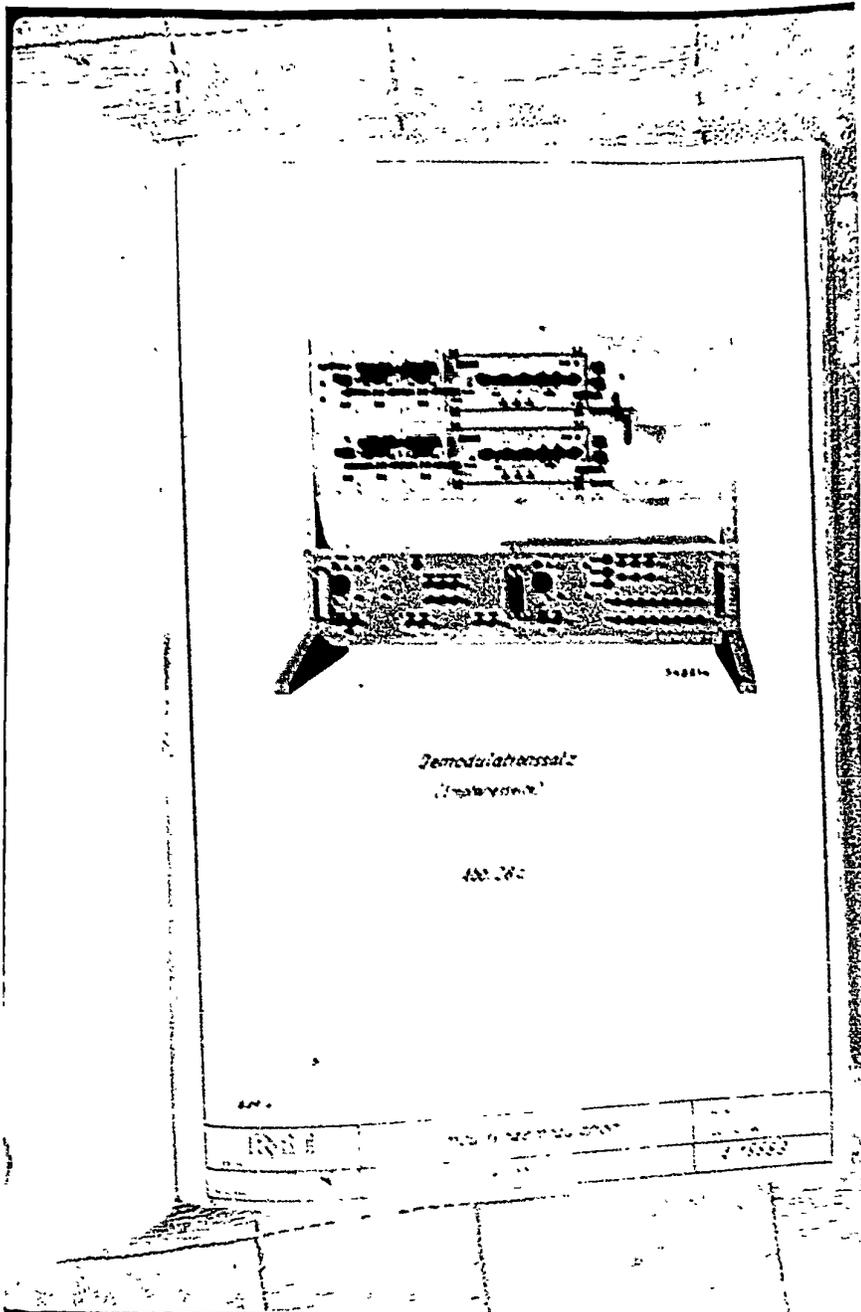
100172

**IRPT**

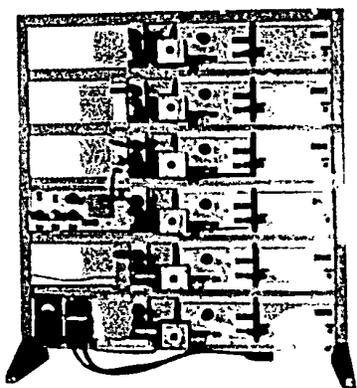
*Imanulstomodulatio*

*L 1556*

**POOR ORIGINAL**



**POOR ORIGINAL**



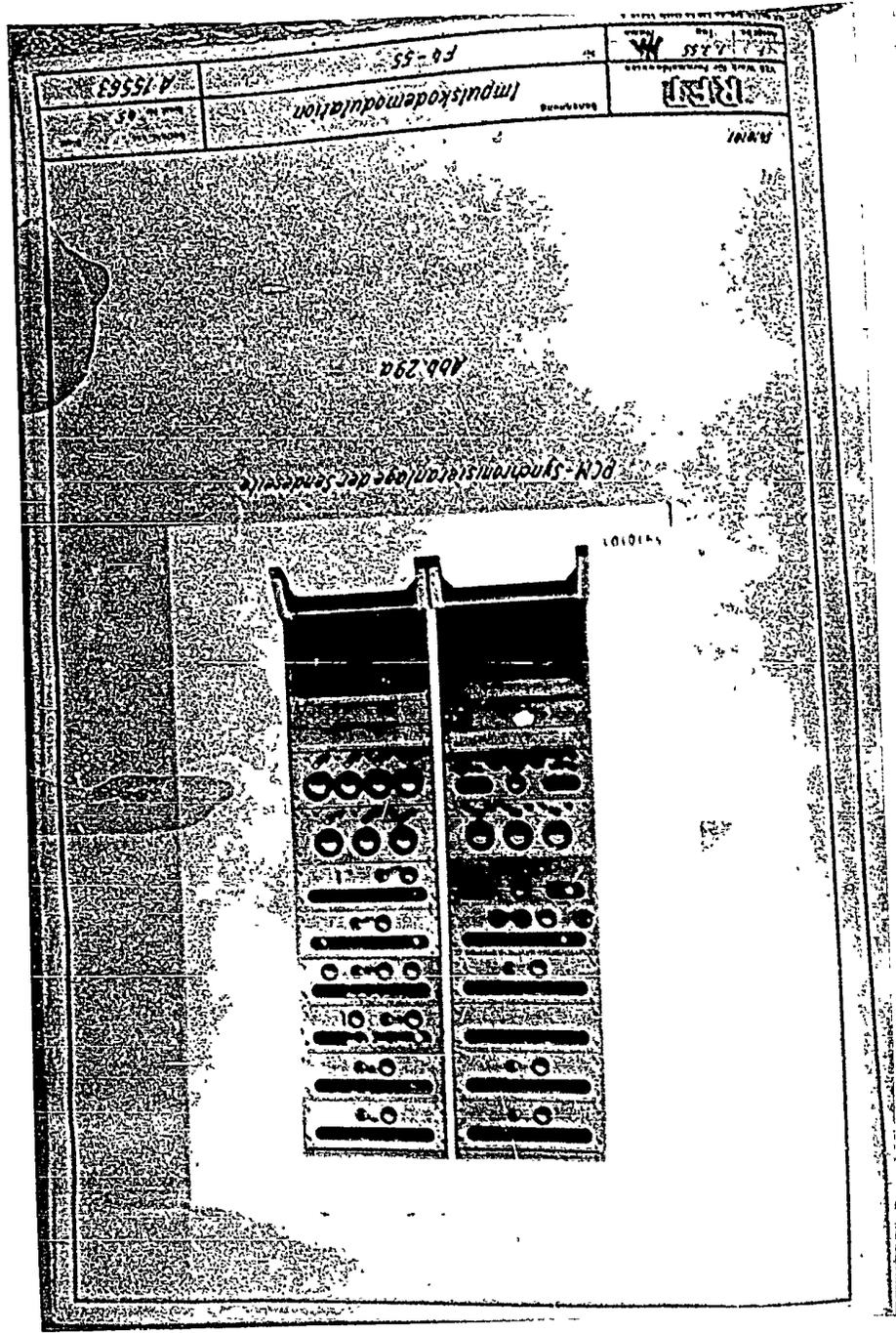
548912

*Demodulationsatz  
(Empfangsseite)*

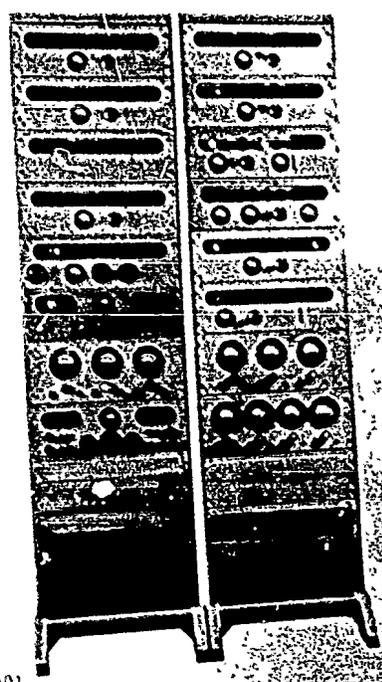
*Abb. 28d*

548912	Impulsodemodulation	A 15563
<b>RFB</b>	PL 55	

**POOR ORIGINAL**



POOR ORIGINAL



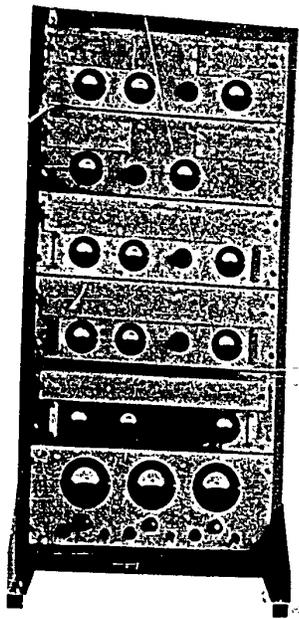
5-10101

PCM-Synchronisieranlage der Sendeseite

Abb. 29a

<p>VERBODEN TOEGANG VOOR ALLE ANDERE</p>	<p>Impulskodemodulation</p> <p>F4-55</p>	<p>Blatt No. 65</p> <p>A-15563</p>
--	--	------------------------------------

POOR ORIGINAL



5410104

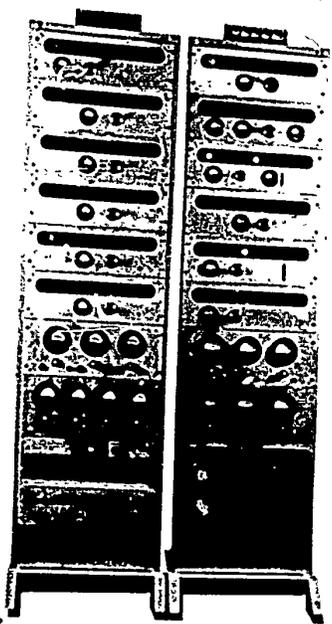
PCM-Synchronisieranlage d. Sendeseite

Abb. 29b

54 10104

<b>REEM</b> Vollwerk-Kip-Formelmaschinen	Bezeichnung <i>Impulskodemodulation</i>	Bestell-Nr. Blatt Nr. 86
Hersteller F. J. S. S. / A	Nr. F 6-55	A 15563

POOR ORIGINAL



PCM-Synchronisieranlage der Empfangsseite

Abb. 29c

RIWZ

<b>RET</b> VEB WZG G. Fernmeldewesen	Benennung <b>Impulsmodemodulation</b>	besteht aus Blatt Nr. <b>87</b>
1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.	Nr. <b>F4-55</b>	<b>A 15563</b>

**POOR ORIGINAL**



5410105

*PCM-Synchronisieranlage der Empfangsseite*

*Abb. 29d.*

5410105

<b>PCET</b> VEB Werk für Fernmeldemaschinen 1 23.45 Name: <i>Hh</i> Tele: <i>100</i>	Benennung	<i>Impulskodemodulation</i>	Bestell aus	Blatt
	Nr	<i>F4-55</i>	Blatt Nr	<i>68</i>
			<i>A 15563</i>	